

ANEXO 1

Toma de datos en campo

Título del proyecto:

Estudio de aplicación de energía fotovoltaica en el orfanato “Ciudad de los Niños” en Guatemala

Autor:

Jordi García Llamas

Tutor:

Daniel García-Almiñana

Departamento de Proyectos

Curso 2010-2011

Índice

1 VISITA AL ORFANATO	3
1.1 Desarrollo de la visita	3
1.2 Objetivos de la visita	3
2 TOMA DE DATOS	5
2.1 Planificación de toma de datos	5
2.2 Metodología	5
2.3 Resultados obtenidos	6
2.4 Estimación de mejoras	7
2.5 Estimación de necesidades futuras	7
3 PUNTOS DE LUZ	9
3.1 Potencia por edificio	9
3.2 Potencia por sala	10
3.3 Farolas	14
4 EQUIPOS EN USO	15
4.1 Generadores	15
4.2 Bombas	17
4.3 Tomas de corriente	18
4.4 Inversor y baterías	19
5 UBICACIÓN PLACAS FOTOVOLTAICAS	21
6 CIRCUITO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	22
6.1 Depósitos de agua	22
7 CONCLUSIONES	23
8 IMÁGENES DE LAS INSTALACIONES ACTUALES	25
8.1 Instalación eléctrica	25
8.2 Instalación sistema de aguas	30

1 Visita al orfanato

1.1 Desarrollo de la visita

El viaje a Guatemala se realizó el 3 de Septiembre de 2009 y duró 20 días. Se llegó a Guatemala el mismo día. La primera noche se pasó en la capital de Guatemala, en la casa que la ONG deja a disposición de los voluntarios que llegan. La mañana siguiente se partió hacia Río Dulce, donde se pasó la noche en el hotel BackPackers; hotel usado por la ONG como forma de financiación.

La mañana del 5 de Septiembre se llegó al orfanato La Ciudad de los Niños, donde se permaneció durante 16 días. El día 20 de ese mismo mes se realizó el viaje de vuelta al hotel BackPackers, para posteriormente llegar a Ciudad de Guatemala. A Barcelona se llegó el día 23 de Septiembre.

En resumen, han sido un total de 2 días para llegar al orfanato, 16 días de estancia, y 2 días de vuelta.

En el orfanato se llegó con la intención de tomar los datos necesarios para la realización de este proyecto y para realizar un trabajo de voluntario.

Para ello, la estancia allí se aprovechó para tomar todos los datos necesarios y poder ver la realidad del lugar, y para entrar en el programa de voluntarios, hacer las actividades correspondientes y ayudar en las tareas necesarias.

El día a día empezaba a las 7.00am, hora en la cual se empezaba a trabajar. Mientras los varones y las niñas no estaban en la escuela, se debía hacer actividades con ellos. Estas actividades iban desde un partido de fútbol hasta la visualización de una película o la realización de manualidades. Mientras los niños estaban en la escuela, mi labor pasaba a ser la de toma de datos de todo lo necesario.

1.2 Objetivos de la visita

El viaje al orfanato se hizo con varios objetivos muy marcados. Se pueden resumir todos en la toma de datos y la visualización de la realidad del lugar.

En un proyecto de cooperación es imprescindible visitar el país en el cual se tiene que implementar el proyecto realizado. En Guatemala la realidad es muy distinta a la española, por lo que las prioridades no son las mismas que se pueden tener en un país más desarrollado. El ser consciente y tener en cuenta

estas prioridades son las que ayudan a que el diseño de cualquier proyecto sea el óptimo para el lugar. La no consideración de la realidad del país, puede llevar a la realización de un proyecto con difícil implementación.

En Casa Guatemala hay dos prioridades. La primera es la mejora de la instalación eléctrica, ya que muchos edificios no disponen de luz eléctrica, o disponen de manera escasa. La segunda prioridad es mejorar el circuito de aguas.

Estas dos instalaciones, la electricidad y las bombas que bombean agua para su consumo, son las dos causas del gasto diario en Diesel.

Una vez vista y analizada la realidad del lugar, sus deficiencias y prioridades, el otro objetivo es la toma de los datos necesarios para dimensionar la instalación fotovoltaica.

Para ello es necesario tomar datos de los consumos eléctricos de todos los edificios, anotar las placas de características de los equipos disponibles y saber el uso que se hace de dichas instalaciones.

2 Toma de datos

2.1 Planificación de toma de datos

La planificación de la toma de datos se llevó a cabo antes de la realización del viaje. Para ello se tuvieron en cuenta los días de los que se disponía para tomar los datos y todas las actividades que se debían realizar.

De esta manera se pensó en empezar haciendo los croquis de todos los edificios implicados para tomar nota de todos los puntos de luz del orfanato.

Posteriormente anotar las características de todos los equipos, generadores, bombas, baterías, etc.

Una vez acabada la parte eléctrica se pensó en seguir con la otra parte del proyecto, el circuito de aguas. Se debían anotar consumos y dimensiones de los depósitos.

La última parte de la planificación trataba en pensar la ubicación más factible de cara a una futura instalación de las placas fotovoltaicas y de las baterías necesarias.

2.2 Metodología

Una vez en el orfanato, se intentó ajustar el trabajo de campo lo máximo posible a lo planificado, para así disponer del tiempo necesario para realizar todas las tareas necesarias.

Para realizar los croquis de todos los edificios se siguió el siguiente esquema:

- Croquis a mano alzada de la distribución de habitaciones, baños, pasillos, puertas, y mobiliario que pueda condicionar la posición de la luz (mesas de estudio, camas, o pizarras en el caso de la escuela).
- Medidas de todas las paredes y puertas. No se tuvo en cuenta el espesor de las paredes, ya que la gran mayoría son de alambre metálico con espesor prácticamente despreciable.
- Anotación de todos los puntos de luz y de las tomas de corriente. Verificando el consumo de las bombillas ya instaladas, ya que había de bajo consumo, había bombillas tipo tubo, e incandescentes; todas ellas de consumos distintos.

Posteriormente, en la anotación de las placas de características de los equipos, se empezó por los dos generadores presentes en el edificio llamado carpintería.

De allí, con la ayuda de un trabajador del orfanato, se fueron anotando la manera con la que se distribuye la electricidad por todos los edificios, los horarios en los que el generador carga las baterías y los consumos que tienen.

A continuación se analizó la habitación de las baterías y del inversor, anotando su funcionamiento y sus placas de características.

Por último se vieron y anotaron los datos necesarios de las bombas de río y del pozo.

Con los consumos eléctricos, croquis, y placas de características de todos los equipos, se analizó el circuito de aguas, desde sus depósitos hasta los puntos de consumo. Hay tres grupos de depósitos. Un grupo usa el agua que se bombea del pozo, y los dos grupos restantes usan el agua que proviene del río. Todos los depósitos están situados en unas plataformas a unos 8-10 metros de altura. Esos depósitos llenos con el agua bombeada, distribuyen el agua hacia todos los puntos de consumo en ausencia de bomba o motor; aprovechando la gravedad que permite la altura de las plataformas.

Por último, en cuanto a la ubicación de la posible instalación fotovoltaica, se analizaron todas las hectáreas del orfanato. Teniendo en cuenta que en el presente proyecto sólo se contempla la idea de electrificar la zona este, la idea es ubicar las placas cerca de la escuela y las casas de varones y niñas con el objetivo de reducir costes en cableado. La ubicación tiene que ser una zona extensa, sin presencia de animales, sin sombras, y con luz solar el máximo de horas posibles.

Las baterías, en cambio, necesitan una habitación de hormigón, con el objetivo de aislarlas lo máximo posible de las zonas húmedas que ocupan prácticamente la totalidad de la zona, y que bajan el rendimiento de los equipos.

2.3 Resultados obtenidos

Durante la estancia en el orfanato, se cumplieron todos los objetivos de la visita. Se realizaron los croquis de todos los edificios, con los puntos de luz, las tomas de corriente, el mobiliario importante, y todos los consumos.

Para la anotación de las placas de características, hubo algún problema con las bombas ya que eran de difícil acceso. Para ello, se anotó la placa de características de bombas fuera de uso presentes en carpintería, pero idénticas a las actuales.

En cuanto a la ubicación de las placas fotovoltaicas, se estimó que el mejor lugar es un prado que está en la pasarela de madera que conecta la zona este y la

zona oeste. En ese prado no acceden los animales de la zona. Las vacas no pueden llegar por la presencia de un alambre de espinos, y los monos no acceden debido a la ausencia de árboles.

La ausencia de árboles provoca una gran cantidad de luz solar durante todo el día. No hay sombra en una zona de, aproximadamente, 3000m². El suelo es húmedo y hay vegetación, por lo que se planteará la instalación de una plataforma para mantener las placas elevadas y suficientemente alejadas del suelo.

Para la ubicación de las baterías, se comprobó que la única habitación de hormigón que hay está situada en carpintería. Esta habitación tiene un área de unos 17m², lo que puede ser suficiente para colocar todas las baterías y así mantenerlas alejadas del exterior.

2.4 Estimación de mejoras

Otro objetivo de la estancia en el orfanato fue la propuesta de mejoras.

En la instalación eléctrica se propone la mejora de la distribución eléctrica, así como la sustitución de algunos puntos de luz, con su correcta reubicación, y la posible sustitución de algunas tomas de corriente. Los enchufes se estima que pueden funcionar correctamente, por lo que no serán reemplazados por otros.

2.5 Estimación de necesidades futuras

En cuanto a las necesidades futuras, la más importante es la presencia de luz durante todo el día. Actualmente disponen de luz eléctrica pocas horas al día en las casas de varones y niñas, y no disponen de luz en la escuela. Únicamente usan la luz solar durante el día, por lo que todas las clases se realizan con luz solar. La correcta visión mientras los niños y niñas estudian depende únicamente de la meteorología.

Para evitar que días nublados no puedan leer o ver la pizarra, es imprescindible la instalación de luz eléctrica en la escuela todas las horas de clase en todas las aulas.

También se debe abastecer de luz eléctrica la casa donde estudian, hacen deberes o leen. La luz eléctrica actual es escasa en las casas, por lo que deben ampliarse los puntos de luz.

Por último, es necesaria la presencia de luz eléctrica, durante todo el horario escolar, de la biblioteca, ya que es un lugar en el cual los alumnos están horas leyendo y haciendo tareas en las cuales necesitan buena visibilidad.

Los demás edificios no necesitan mayor iluminación de la actual, por lo que se plantea una ampliación eléctrica de la casa de los varones, la casa de las niñas, la escuela, todas las aulas de estudio y la biblioteca.

3 Puntos de luz

3.1 Potencia por edificio

Nº	Nombre	Nº plano	Área (m ²)	Conexión	Horario Elec.	Pot(W)
1	Oficina y bodega	01.01	290,2	Baterías	Siempre	235
2	Casa Maestros	02.01	178,6	Baterías	Siempre	335
3	Escuela Anexa río 1	03.01	231,7	Baterías	Eventual	90
4	Escuela Anexa río 2	04.01	139,6	Baterías	Eventual	210
5	Casa Varones	05.01, 05.03	432	Baterías	4:30-7:00 17:00-20:30	280
6	Comedor	06.01	278,7	Baterías	3:00-7:30 16:00-20:30	465
7	Casa Niñas	07.01; 07.03	730,3	Baterías	4:30-7:00 17:00-20:30	500
8	Lavandería	08.01	13,4	Generador	17:00-20:30	60
9	Carpintería y Aulas	09.01	363,6	Generador	Eventual	75
10	Clínica	10.01	133,5	Baterías	17:00-20:30	80
11	Aula Primero	11.01	42,4	Baterías	No instalación	-
12	Escuela	12.01; 12.03; 12.04; 12.06	643,6	Generador	Eventual	810

Tabla 1: Potencia por edificio

En esta tabla se representa la potencia necesaria en cada edificio.

Se observa en la columna de horario de electricidad, como hay edificios como las casas de varones y niñas, en los que la electricidad está disponible sólo algunas horas al día, por lo que es importante su ampliación. Edificios como las aulas anexas al río y la escuela, no disponen de electricidad, por lo que su instalación también es muy importante.

Hay edificios como la oficina que tienen electricidad siempre, ya que es el lugar en el cual se tiene acceso a Internet, donde se puede llevar a cabo comunicación con el exterior, y donde se pueden recargar aparatos electrónicos como teléfonos, portátiles o reproductores de música.

3.2 Potencia por sala

Edificio	Área (m ²)	Iluminación	Potencia (W)	Cantidad	Pot. Total (W)	Observaciones
1.- Oficina y Bodega						
Oficina	32,5	BC	15	2	30	Escaso
Almacén Libros	33,3	BC	15	1	15	No funciona
Almacén Ordenadores	25,3	BC	15	1	15	Suficiente
Almacén juegos, ropa	118,2	BC	15	6	90	Muy escaso
Habitación Privada 1	10	BC	15	1	15	Suficiente
Habitación Privada 2	8,1	BC	15	1	15	Suficiente
Baño	5,7	BC	15	1	15	Suficiente
Porche	57,1	Tubo	20	2	40	Suficiente
<i>Total Oficina</i>	290,2				235	
2.- Casa Maestros						
Habitación 1	11,7	BC	25	1	25	Suficiente
Habitación 2	12,2	BC	25	1	25	Suficiente
Habitación 3	11,6	BC	25	1	25	Suficiente
Habitación 4	13,5	BC	25	1	25	Suficiente
Habitación 5	19,6	BC	15	1	15	Suficiente
Habitación 6	11,5	BC	25	1	25	Suficiente
Habitación 7	11,7	BC	25	1	25	Suficiente
Habitación 8	11,5	BC	25	1	25	Suficiente
Baño 1	16,9	BC	25	2	50	Suficiente
Baño 2	11,4	BC	25	1	25	Suficiente
Cocina Privada	5,1	BC	10	1	10	Suficiente
Pasillo	20,6	BC	25	2	50	Suficiente
Porche	21,3	BC	10	1	10	Suficiente
<i>Total Casa Maestros</i>	178,6				335	
3.- Escuela Anexa río 1						
Aula Parvulario	38,7	BC	15	1	15	Escaso
Biblioteca	40,1	BC	15	3	45	Escaso
Aula Actividades 1	17,4	No hay	-	-	-	Inst. necesaria
Aula Actividades 2	17,4	No hay	-	-	-	Inst. necesaria
Porche	118,1	BC	15	2	30	Suficiente
<i>Total Esc. Anexa río 1</i>	231,7				90	
4.- Escuela Anexa río 2						
Sala Inversor y Baterías	13,6	BC	15	1	15	Suficiente
Aula Mecanografía	22,4	BC	15	2	30	Muy escaso
Aula Kinder	26	BC	15	2	30	Escaso
Aula Prod. y desarrollo	32,9	Incandescente	60	1	60	Suficiente
Aula Manualidades	41,8	Tubos	20	3	60	Suficiente
Baño	2,9	BC	15	1	15	Suficiente
<i>Total Esc. Anexa río 2</i>	139,6				210	

Anexo 1. Toma de datos en campo

Edificio	Área (m ²)	Iluminación	Potencia (W)	Cantidad	Pot. Total (W)	Observaciones
5.- Casa Varones						
Primer Piso						
Habitación 1	29,9	BC	15	1	15	Escaso
Habitación 2	20,2	BC	15	1	15	Escaso
Habitación 3	18,1	BC	15	1	15	Escaso
Habitación 4	17,3	BC	15	1	15	Escaso
Habitación 5	13	No hay	-	-	-	Inst. necesaria
Habitación 6	15,6	BC	15	1	15	Escaso
Salón y Pasillo	100,6	BC	15	5	75	Suficiente
Baño	10,1	BC	15	1	15	Muy escaso
Cuarto Orientadores	12,6	BC	15	1	15	Suficiente
Zona escaleras	15,7	No hay	-	-	-	Inst. no necesaria
Terraza	23,6	No hay	-	-	-	Inst. no necesaria
Tot. Varones 1er Piso	276,7				180	
Segundo Piso						
Habitación	77	BC	15	2	30	Muy escaso
Baño	16,3	BC	15	1	15	Escaso
Cuarto Orientadores	10,4	BC	15	1	15	Suficiente
Baño Orientadores	4,2	BC	15	1	15	Suficiente
Sala actividades	23,8	BC	25	1	25	Escaso
Almacén	1,3	No hay	-	-	-	Inst. no necesaria
Zona escaleras	10,1	No hay	-	-	-	Inst. no necesaria
Terraza	12,2	No hay	-	-	-	Inst. no necesaria
Tot. Varones 2º Piso	155,3				100	
<i>Total Casa Varones</i>	432				280	
6.- Comedor						
Comedor 1	133,6	BC	25	9	225	Suficiente
Comedor 2	31,2	Tubo	20	2	40	Suficiente
Cocina	56,3	BC	15	6	90	Suficiente
Almacén	23	BC	15	2	30	Suficiente
Terraza	34,6	BC e incand.	20 y 60	1 y 1	80	Suficiente
<i>Total Comedor</i>	278,7				465	
7.- Casa de las Niñas						
Primer Piso						
Habitación 1	50,1	BC	25	2	30	Escaso
Habitación 2	69,3	BC y Tubo	20	2	40	Escaso
Baño 1	38,8	BC	25	1	25	Escaso
Baño 2	38,1	No hay	-	-	-	Inst. necesaria
Cuarto Orientadores	48,1	BC	15	1	15	Suficiente
Casa Señu Bea	28,1	Desconocido	-	-	-	-

Anexo 1. Toma de datos en campo

Edificio	Área (m ²)	Iluminación	Potencia (W)	Cantidad	Pot. Total (W)	Observaciones
Baño Seño Bea	5,6	Desconocido	-	-	-	-
Tienda	12,1	BC	25	1	25	Escaso
Terraza	37,8	No hay	-	-	-	No necesaria
Pasillo	45	BC	20	2	40	Suficiente
Zona escaleras	4,4	No hay	-	-	-	-
Total Niñas 1er Piso	377,4				175	
Segundo Piso						
Cuarto Orientadores	27,1	BC	20	1	20	Suficiente
Habitación 1	22,8	BC y Tubo	20	2	40	Escaso
Habitación 2	43,3	BC	15	2	30	Escaso
Habitación 3	51,9	BC	15	1	15	Escaso
Habitación 4	55,2	BC	20	2	40	Escaso
Pasillo	46,5	BC	15	2	30	Suficiente
Baño 1	20,6	BC	10	1	10	Escaso
Baño 2	23,5	Incandescente	60	1	60	Escaso
Cuarto de estudio	17,4	BC	10	1	10	Muy escaso
Habitación 5	15,6	BC	10	1	10	Escaso
Zona escaleras	4,8	No hay	-	-	0	-
Terraza	24,2	Incandescente	60	1	60	Suficiente
Total Niñas 2º Piso	352,9				325	
Total Casa Niñas	730,3				500	
8.- Lavandería						
Lavandería	13,4	Incandescente	60	1	60	Suficiente
Total Lavandería	13,4				60	
9.- Carpintería y Aulas						
Carpintería	199,1	BC	15	1	15	Suficiente
Almacén	26,3	No hay	-	-	-	Inst. no necesaria
Cuarto de hormigón	16,8	Tubo	20	1	20	Suficiente
Aula Segundo A	60,4	Tubo	20	1	20	Escaso
Aula Tercero	61	Tubo	20	1	20	Escaso
Total Carpintería y Aulas	363,6				75	
10.- Clínica						
Almacén Medicamentos	26,5	BC	10	2	20	Suficiente
Hab. Enfermos 1	9,8	BC	10	1	10	Escaso
Hab. Enfermos 2	10,5	BC	10	1	10	Escaso
Consultorio	6,8	No hay	-	-	-	Inst. necesaria
Almacén	8,4	BC	10	1	10	Suficiente
Hab. Médicos	22,4	BC	10	1	10	Escaso
Baño	2,3	No hay	-	-	-	Inst. necesaria
Sala de estar	46,8	BC	20	1	20	Escaso
Total Clínica	133,5				80	
11.- Aula						

Anexo 1. Toma de datos en campo

Edificio	Área (m ²)	Iluminación	Potencia (W)	Cantidad	Pot. Total (W)	Observaciones
Aula Primero A	42,4	No hay	-	-	-	Inst. necesaria
Total Aula	42,4				0	
12.- Escuela						
Piso 1						
Aula Primero B	30,6	Tubo	20	1	20	Escaso
Dirección	28,7	Tubo	20	2	40	Escaso
Pasillo	16,7	No hay	-	-	-	Inst. no necesaria
Baño	29,5	No hay	-	-	-	Inst. necesaria
Aula Sexto	38	Tubo	20	1	20	Escaso
Zona escaleras	6,7	No hay	-	-	-	Inst. no necesaria
Total Escuela Piso 1	150,2				80	
Piso 2						
Aula Cuarto A	32,1	No hay	-	-	-	Inst. necesaria
Aula Segundo B	30,6	Tubo	20	1	20	Escaso
Aula Quinto B	30,1	Tubo	20	4	80	Escaso
Pasillo	16,3	No hay	-	-	-	Instalación necesaria
Zona escaleras	4,2	No hay	-	-	-	Inst. no necesaria
Total Escuela Piso 2	113,3				100	
Zona Cancha Piso 1						
Aula Quinto A	35,3	BC	20	2	40	Escaso
Aula Cuarto B	41	Tubo	25	2	50	Escaso
Baños	33,1	No hay	-	-	-	Inst. necesaria
Total Zona Cancha Piso 1	109,4				90	
Zona Cancha Piso 2						
Aula Inglés 1	33,6	No hay	-	-	-	Visibilidad muy baja
Aula Inglés 2	49,4	No hay	-	-	-	Visibilidad muy baja
Pasillo	8,9	No hay	-	-	-	Instalación no necesaria
Zona escaleras	6,5	No hay	-	-	-	Instalación necesaria
Total Zona Cancha Piso 2	98,4				0	
Cancha	280	Tubo	45	12	540	Necesario renovación
Total Escuela	751,3				810	
Total					3065	

Tabla 2: Potencia detallada de cada edificio

Las observaciones se han tenido en cuenta en un día normal de sol. En días nublados o de lluvia las condiciones varían.

3.3 Farolas

En la zona este del orfanato hay un total de 6 farolas, aunque algunas de ellas no funcionan. Estas farolas se alimentan directamente del generador, sin pasar por las baterías, y permanecen encendidas cada día de 17:00 a 20:30 aproximadamente.

Farola	Ubicación	Estado	Pot. (W)	Letra en el plano
1	Muelle oficina	Funciona. Insuficiente	175	A
2	Entre comedor y casa de las niñas	Funciona. Insuficiente	175	B
3	Casa trabajadores	Funciona. Insuficiente	175	C
4	Cancha	Insuficiente	175	D
5	Muelle clínica	Desconectada. Necesaria	-	E
6	Patio	Funciona. Insuficiente	175	F
Total			875	

Tabla 3: Potencia de las farolas

4 Equipos en uso

4.1 Generadores

El orfanato dispone de dos generadores, ambos situados en carpintería. Actualmente uno está averiado, por lo que toda la energía la genera un único generador.

Este generador proviene de una donación española y se alimenta diariamente de Diesel que llega proveniente del pueblo más cercano. Una de las fases de salida va a tierra, mientras que el cable de tierra está conectado al cableado.

Marca		Electra Molins, S.A.	
Modelo		EMS-22/3/8820 D/R	
Nº de serie	808530	Año construcción	1998
Potencia	17,6 kW	Tensión	380 V
Potencia aparente	22 kVA	Intensidad	33 A
Nº fases	3	Frecuencia	50 Hz
Altitud	152 m	Velocidad de giro	3000 r/min
Temperatura ambiente	27 °C	Peso	550 kg

Tabla 4: Placa de características del generador en uso

El generador se activa 3 o 4 veces al día, dependiendo de las necesidades. Se suele activar de 8:00 a 9:30, de 11:30 a 13:30, de 15:00 a 16:00, y de 17:30 a 20:30.

De 17:30 a 20:30, el generador da electricidad a la casa de trabajadores y a las farolas. Estos dos circuitos no tienen conexión a baterías, por lo que sólo funcionan cuando el generador está activado.

En el resto de franjas horarias, el generador se activa para cargar las baterías y para llenar los depósitos.

Las baterías permitirán dar luz eléctrica al resto de edificios cuando sea necesario. El total de horas de electricidad dependerá del uso que se haga de la energía almacenada en las baterías.

Los depósitos de agua suelen estar prácticamente llenos durante el día, con el objetivo de poder usar el agua almacenada durante las horas en las que el generador no se activa, por lo que no se bombea agua. Dependiendo del uso, habrá agua más o menos horas. Una vez los depósitos se han vaciado habrá

que esperar al día siguiente para volverlos a llenar y así poder usar agua de nuevo.

Con el objetivo de dimensionar con más exactitud los metros necesarios de placas fotovoltaicas, se tomaron datos del total de horas que funcionaba el generador durante 1 semana.

Día	Contador	Día	Contador(h)
06-sep	3639,36	13-sep	3683,37
07-sep	3646,52	14-sep	3690,25
08-sep	3651,95	15-sep	3695,4
09-sep	3658,11	16-sep	3701,56
10-sep	3666,26	17-sep	3709,88
11-sep	3674,02	18-sep	3715,43
12-sep	3679,22	19-sep	3722,98
Media horas/día			6,432

Tabla 5: Datos tomados sobre horas funcionamiento generador

A las horas de funcionamiento del generador se le debe reducir un 15% debido al aumento de consumo realizado en las fechas de la visita, ya que fueron las fiestas nacionales de Guatemala y se usaron aparatos electrónicos y luces extra para ensayar festivales.

Los datos se tomaron cada mañana a la misma hora, para no perder la referencia.

El otro generador, proveniente también de una donación, se averió a causa de la fuerte humedad del lugar, por lo que actualmente está en desuso.

Marca				Onan GenSet			
Modelo				50.0DDB-15R/21850E			
Nº de serie				A800475524			
Frecuencia		60 Hz		Velocidad de giro		1800 r/min	
Trifásico				Monofásico			
50 kW		62,5 kVA		33 kW		41 kVA	
Voltios	120/208	127/220		139/240	120/240	220/380	
Amperios	74	164		150	150	-	
Voltios	240/416	240/480		264/440	277/480	347/600	
Amperios	87	-		82	75	-	
FdP	0,8	Bat.	1,2	Voltios	174	T. amb.	40 °C

Tabla 6: Placa de características del generador averiado

4.2 Bombas

a) Bomba del pozo

La bomba del pozo está situada en un pozo ubicado junto al taller de carpintería. Esta bomba dispone de un sistema de parado automático en caso de que en el pozo haya ausencia de agua.

Marca		Franklin Electric	
Modelo		22430I9204 HP2	
Voltaje	230 V	Frecuencia	60 Hz
Intensidad	10 A	Potencia	1,5 kW
Velocidad de giro	3450 r/min	Intensidad máxima	13,2 A
SF	1,25	Combinuous Duty	

Tabla 7: Placa de características de la bomba del pozo

b) Bomba del río

La bomba del río está situada al final de la pasarela que va del comedor a la clínica. Esta bomba necesita ser cebada manualmente para el proceso de arrancada. Actualmente se ha instalado otra bomba de gasolina en paralelo a ésta para poder alimentar una canalización temporal que da agua a otra zona. Esta última bomba no se estudiará ya que su consumo es debido a actividades de la zona oeste, zona fuera del alcance de este proyecto.

Marca		STA RITE	
Modelo		ALT 01 027-747 DE 778	
Type B		Outdoor SU	
Motor eléctrico			
C48L2ED15 SER 1CW			
Voltaje	115/230 V	Potencia	1,1 kW
Velocidad de giro	3450 r/min	Frecuencia	60 Hz
SF	1,1		

Tabla 8: Placa de características de la bomba del río

4.3 Tomas de corriente

En el orfanato hay diversos puntos de corriente para que los voluntarios, trabajadores y maestros puedan usar sus aparatos electrónicos; móviles, cámaras fotográficas, portátiles, etc.

Algunos se usan para poner música a los niños, o para ponerles alguna película en una televisión situada en el comedor.

Las tomas de corriente están situadas de la siguiente manera:

Edificio	Cantidad	Observaciones
Oficina	12	Instalación suficiente
Casa Maestros	16	Instalación suficiente en todas las habitaciones
Esc. Anexa río 1	10	Instalación suficiente en biblioteca y aula
Esc. Anexa río 2	4	Instalación insuficiente. Faltan en algunas aulas
Varones (1erPiso)	6	Instalación suficiente en zona común y hab. Orientadores
Varones (2ºPiso)	3	Instalación insuficiente, falta instalación en zona común
Comedor	2	Instalación suficiente, sólo necesaria para la televisión
Niñas (1erPiso)	2	Instalación insuficiente, no hay en la zona común
Niñas (2ºPiso)	4	Instalación suficiente en la zona común
Lavandería	-	Instalación innecesaria
Carpintería, aulas	10	Instalación suficiente en aulas. Inst. necesaria en carpintería
Clínica	20	Instalación suficiente en todas las habitaciones
Aula Primero	-	No hay instalación pero es necesaria
Escuela	-	Instalación necesaria en todas las aulas. Actualmente no hay

Tabla 9: Ubicación de tomas de corriente

Las tomas de corriente también se usan para los ordenadores instalados en la oficina. Se dispone de dos ordenadores portátiles que se usan prácticamente todo el día. También hay una impresora, un router que funciona por telefonía móvil y un equipo de Walkie-talkie.

Teniendo en cuenta todos los equipos informáticos y la energía utilizada para cargar todos los aparatos electrónicos, la potencia que se consume es de unos 2kW aproximadamente. El presente proyecto no estudiará la posibilidad de renovar tomas de corriente, aunque si se instalarán tomas de corriente en lugares necesarios, como es el caso de la escuela anexa río 1, edificio en el cual hay algunas aulas que no tienen ninguna toma de corriente. También se instalarán tomas en carpintería, en el aula de primero, en la escuela, en la casa de varones (2º piso), y en la casa de las niñas (1er piso).

A continuación se presenta una tabla con los consumos detallados en las tomas de corriente:

Nº	Nombre	Uso	Horario	Pot. (W)
1	Oficina y bodega	2 Ordenadores portátiles	8:00-20:00	400
		Impresora	1 hora diaria	300
		Cargadores de baterías	Habitual	70
2	Casa Maestros	Cargadores de baterías	Habitual	70
3	Escuela Anexa río 1	No se usan	-	-
4	Escuela Anexa río 2	No se usan	-	-
5	Casa Varones	Equipo música	1 hora diaria	60
		Cargadores de baterías	1 hora diaria	70
6	Comedor	Televisión	1 hora diaria	80
7	Casa Niñas	Equipo música	2 horas diarias	60
		Cargadores de baterías	1 hora diaria	70
8	Lavandería	No hay tomas	-	-
9	Carpintería y Aulas	Uso para maquinaria	1 hora diaria	400
10	Clínica	Cargadores de baterías	1 hora diaria	70
11	Aula Primero	No hay tomas	-	-
12	Escuela	No hay tomas	-	-

Tabla 10: Consumo en tomas de corriente

4.4 Inversor y baterías

En el edificio Escuela anexa río 1, hay una habitación en la que está la instalación del inversor y el equipo de baterías. Esta habitación, aunque permanece cerrada con candado para no permitir la entrada de niños a su interior, no está bien aislada del exterior, lo que hace que el correcto funcionamiento de estos equipos se vea afectado.

a) Inversor

El inversor tiene como entrada la toma trifásica del generador. Su objetivo es gestionar el cargado de baterías, teniendo como salida una corriente monofásica de 110V y 50Hz para ser distribuida por los distintos edificios.

Marca	Xanter
Modelo	T240 L2,L1
DR Series Inverter/Charger	
Regulado para	
Deep Cycle Lead Acid	510-690 A-hora
Trace Engineering	
AC Disconnect/vconversion Modul	

Tabla 11: Placa de características del inversor

Este inversor está preparado para poderse conectar a placas solares mediante un adaptador fotovoltaico, por lo que es probable que se pueda mantener en la nueva propuesta de instalación eléctrica.

UL LISTED 96EL	Estándar UL 1741
----------------	------------------

Tabla 12: Datos del adaptador fotovoltaico

b) Baterías

Hay un total de 16 baterías. Todas ellas forman 4 grupos de 4 baterías cada uno. Las 4 baterías de cada grupo están conectadas en paralelo, mientras que los grupos están conectados entre sí en serie.

Durante el proceso de carga de las baterías se miden 6V y 20A. Tienen una capacidad de 220Ah (suministran 11A durante 20 horas, C20=220Ah).

Marca	TROJAN
Modelo	T-105 PLUS (6 Unidades)
Modelo	T-105 (10 Unidades)

Tabla 13: Modelo de baterías

5 Ubicación placas fotovoltaicas

La ubicación de las placas fotovoltaicas debía decidirse sobre el terreno, en el contexto de la visita al orfanato, ya que era la mejor manera de analizar la zona y las ventajas y desventajas de ubicar la instalación en un lugar u otro.

Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- Máxima proximidad a la zona de carpintería y a la zona a electrificar
- Máxima seguridad, en cuanto a posibles contactos de personas con la instalación
- Máximas horas de sol al día
- Máxima seguridad ante posibles caídas de árboles en tormentas
- Mínimo impacto con la fauna de la zona
- Mínimo impacto ambiental
- Mínima presencia de sombras

En primer lugar se pensó en ubicar las placas en el tejado de los edificios, pero una vez en el orfanato, esta opción fue totalmente descartada debido a la estructura de los edificios. Los tejados son débiles, con materiales que soportan un peso escaso, tienen grandes zonas de sombra, y son de fácil acceso para los monos presentes en la zona.

Teniendo en cuenta estos criterios, se decidió que la ubicación de las placas fotovoltaicas sería en un prado de unas 3 hectáreas, situado junto a la pasarela que une las zonas este y oeste del orfanato.

Este prado cumple con todos los requisitos preliminares, ya que no hay presencia de vegetación que pueda provocar sombras de manera ocasional y el acceso a la zona por parte de la fauna del lugar, es complicado e improbable.

Además, está situado a escasos metros de la zona a electrificar, de las bombas, y de carpintería, lugar pensado para ubicar todos los equipos necesarios para toda la instalación, baterías, inversores, etc.

6 Circuito de abastecimiento de agua

El circuito de abastecimiento de agua se ha descrito en el plano 00.02. En él se observa el recorrido desde la bomba del pozo hasta los depósitos, y desde la bomba situada en el río hasta los depósitos correspondientes. La posterior distribución de agua a los edificios no se ha contemplado.

6.1 Depósitos de agua

En el orfanato, como ha sido descrito anteriormente, hay tres grupos de depósitos de agua. Los dos primeros grupos obtienen el agua del río y el otro del pozo.

Los depósitos llenados con el agua del río están situados junto al edificio de carpintería (grupo 2). Están ubicados a lo alto de una estructura de hierro de unos 8 metros de altitud. Hay 4 depósitos cilíndricos de unos 140cm de diámetro y 1 metro de alto, es decir, con una capacidad de $1,6\text{m}^3$ aproximadamente. El otro grupo de depósitos está ubicado cerca del río, a la altura del campo de fútbol (grupo 1), con un volumen aproximado de 8m^3 .

La estructura de hierro está en muy mal estado, por lo que sería conveniente sustituirla por otra más segura.

Los otros 4 depósitos (grupo 3) se llenan con agua que proviene del pozo ubicado cerca de carpintería. Están situados a lo alto de otra estructura, de hormigón y de hierro, también en muy mal estado. Este conjunto de depósitos está situado en el campo de fútbol, a unos 50 metros de la escuela y de carpintería.

El llenado de los depósitos carece de un control estricto de caudal, por lo que prácticamente cada día, una vez llenado, se sigue bombeando agua, lo que hace que sobrepase la capacidad de los depósitos y acabe cayendo agua. Esto hace que se gaste energía para bombear un volumen de agua que no se aprovecha.

7 Conclusiones

La visita al orfanato sirvió para saber qué hace falta construir, qué hace falta mejorar, qué no hace falta hacer, y cuáles son las prioridades.

Para ello se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Conclusiones generales

- La máxima prioridad en Casa Guatemala es la reducción del Diesel usado para el funcionamiento del generador, por lo que éste es el objetivo del presente proyecto.
- Es inviable la aplicación de energías renovables alternativas a la energía solar.
- Para un correcto consumo energético, se debe introducir algún dispositivo de control horario para evitar un consumo descontrolado y excesivo.

Conclusiones de la instalación fotovoltaica

- La ubicación de las placas fotovoltaicas debe ser el prado situado junto a la pasarela que une las zonas este y oeste del orfanato.
- La ubicación de los demás equipos de la instalación fotovoltaica, baterías o inversores, debe ser la habitación de hormigón situada en carpintería.
- Desde carpintería se debe controlar toda la instalación fotovoltaica, el llenado de los depósitos, la carga de las baterías, y el consumo que se lleve a cabo en cada edificio.
- La instalación fotovoltaica debe cubrir todas las necesidades actuales, con posibilidad de cubrir necesidades futuras sin el uso de energía externa.
- La cantidad de luz en habitaciones de niños y escuela es insuficiente. El dimensionado de la instalación fotovoltaica debe hacerse con el objetivo de alumbrar todo el orfanato correctamente.
- Hay que tener en cuenta una posible electrificación de la zona oeste como alternativa de futuro, ya que actualmente no es una necesidad prioritaria. La instalación fotovoltaica, por tanto, se dimensionará para dar respuesta a los consumos de la zona este de la parcela.

- Se debe hacer un estudio de eficiencia energética con el objetivo de optimizar la instalación, dando prioridad absoluta a los consumos más importantes, como pueden ser los de la escuela o biblioteca.

Conclusiones del sistema de bombeo

- Se deben mejorar las dos estructuras que soportan el peso de los depósitos de agua.
- Es de vital importancia la instalación de algún sistema de control automático de llenado y de vaciado de los depósitos para evitar el bombeo excesivo de agua y su correspondiente gasto energético.

8 Imágenes de las instalaciones actuales

8.1 Instalación eléctrica

La iluminación del orfanato está formada por bombillas de bajo consumo (como la que se muestra en la fotografía siguiente), tubos de bajo consumo, y algunos tubos fluorescentes.



Figura 1: Bombilla de bajo consumo



Figura 2: Farola situada en frente de la oficina

Los interruptores de Casa Guatemala se mantienen en su totalidad en buen estado. No se estima la posibilidad de sustituirlos.



Figura 3: Interruptor de la casa de las niñas



Figura 4: Prado donde se ubicarán las placas fotovoltaicas



Figura 5: Habitación de hormigón para ubicación de baterías



Figura 6: Generador en uso

En carpintería, el primer equipo eléctrico que actúa después del generador es la siguiente palanca, la cual se usa cuando funcionaban los dos generadores. Con ella se decide qué generador se usa, el 1 o el 2. Actualmente esta palanca está fijada en el generador 2, ya que es el único que funciona.



Figura 7: Palanca para elegir el generador

Posteriormente la electricidad circula por el cuadro general, que distribuye la electricidad a baterías o directamente al punto de luz, en el caso de farolas o lavandería.



Figura 8: Cuadro general

A continuación la electricidad se dirige al inversor, el cual convierte mediante un autotransformador, la electricidad de 220V a 110V para la posterior carga de baterías.



Figura 9: Inversor



Figura 10: Conjunto de 16 baterías

Este es el cuadro que distribuye, según se desee, la electricidad a un edificio u otro después de haber pasado por inversor y baterías. Mediante interruptores ON-OFF se decide qué edificios se quiere iluminar.



Figura 11: Distribuidor eléctrico situado en sala de baterías

En las fotografías 8 y 11 se puede apreciar el estado en el cual se encuentra la instalación eléctrica. Carece de elementos de seguridad para prevención ante efectos meteorológicos o ante un posible contacto humano.

8.2 Instalación sistema de aguas

En la siguiente fotografía se puede apreciar el mal estado de la estructura, destacando la poca seguridad de las escaleras que suben a los depósitos; recorrido que se realiza a diario por los trabajadores del orfanato.



Figura 12: Estructura y conjunto de depósitos frente al campo de fútbol



Figura 13: Torre con los depósitos de agua, enfrente de carpintería

Se observa también el mal estado de esta estructura, con el hierro corroído. Las 4 barras que elevan la estructura se encontraban algo dobladas debido al pandeo de la estructura y a la inestabilidad del suelo.



Figura 14: Conjunto de 4 depósitos

En esta fotografía se observa la tecnología usada para llenar los depósitos. Con una clave de paso situada en el suelo de la estructura metálica, se da paso o se cierra en función del llenado de los depósitos. Este sistema carece de cualquier control.

ANEXO 2

Propuestas eléctricas

Título del proyecto:

Estudio de aplicación de energía fotovoltaica en el orfanato “Ciudad de los Niños” en Guatemala

Autor:

Jordi García Llamas

Tutor:

Daniel García-Almiñana
Departamento de Proyectos

Curso 2010-2011

Índice

1 INTRODUCCIÓN	3
2 CANTIDAD DE LUZ NECESARIA	4
3 MEJORAS PROPUESTAS	10
3.1 Escenario 1	11
3.2 Escenario 2	22
4 TOMAS DE CORRIENTE	26
5 PUNTOS DE LUZ EXTERIORES	28

1 Introducción

En este anexo se presentan de manera detallada los datos tomados relacionados con los consumos de luz, tanto interiores como exteriores, y el uso de las tomas de corriente. A raíz de los datos numéricos de luz en cada sala, se hace una evaluación cuantitativa de las necesidades y prioridades que hay en cada edificio.

Una vez hecho el análisis, se plantean posibles soluciones para llegar a una correcta visibilidad en toda la parcela sin elevar excesivamente el consumo.

En el análisis de soluciones se tiene en cuenta como uno de los criterios prioritarios el coste de la nueva instalación, ya sean luminarias, regletas o cableado, por lo que aparece una tabla anexa a cada solución propuesta con el coste de la misma.

2 Cantidad de luz necesaria

Según el tipo de luminaria instalada, su flujo lumínico varía. En Casa Guatemala hay instalados los siguientes tipos de luminarias:

Tipo luminaria	Pot. (W)	Flujo Lumínico (Lm)	Eficiencia (Lm/W)
BC	10	500	50,0
BC	15	825	55,0
BC	20	1150	57,5
BC	25	1375	55,0
Tubo	20	1100	55,0
Tubo	25	1400	56,0
Tubo	45	2500	55,6
Incandescente	60	500	8,3

Tabla 1. Flujo lumínico según luminaria¹

Con los datos de la Tabla 1, y teniendo en cuenta el tipo de luminaria instalado en cada sala, se calcula el flujo lumínico presente en cada edificio, así como la cantidad de luz que hay, para posteriormente poder comparar la instalación de luz que hay, con la cantidad de luz que se necesita.²

Lugar o Actividad	Lux recomendados	Lux mínimos
Oficina	500	300
Almacén	200	200
Habitación	200	200
Pasillo	100	100
Comedor	200	200
Baño	100	100
Zona escaleras	150	100
Cocina	500	250
Terraza o Porche	100	100
Sala de estar	200	200
Biblioteca	500	300
Aulas escuela/estudio	400	300
Zona pizarra	500	400
Aula trabajos manuales	500	300
Cancha fútbol	300	100

Tabla 2. Cantidad de luz según actividad o tipo de sala que se debe iluminar

¹ Datos obtenidos experimentalmente en la visita al orfanato

² Proceso de cálculo detallado en el anexo 4

En la tabla anterior se ha tenido en cuenta como Lux recomendados, los valores obtenidos en la Normativa UNE-EN 12464-1:2003, usada en Barcelona, puesto que en la zona selvática de Río Dulce no hay ninguna Normativa referente a necesidades lumínicas según la actividad que se realiza en el lugar.

La Normativa describe la luz necesaria en lugares genéricos, como pueden ser salas de estar, almacenes o habitaciones. Debido a la gran diversidad de lugares presentes en Casa Guatemala, se han asemejado algunas salas a otras que aparezcan en la Normativa, teniendo en cuenta que la luz que necesitan es similar.

Los lux recomendados son datos orientativos, ya que el dato que se tendrá en cuenta es el de lux mínimos. Este concepto se refiere a la cantidad de luz mínima que debe haber en cada edificio para poder realizar la actividad correspondiente sin dificultad y con una visibilidad correcta.

Edificio	Área (m ²)	Flujo luz instalado (Lm)	Iluminancia instalada(Lux)	Normativa (Lux)	Necesidad (Lux)	Obs.
1.- Oficina y Bodega						
Oficina	32,5	1650	50,8	500	300	Insuficiente
Almacén Libros	33,3	825	24,8	200	200	Insuficiente
Almacén Ordenadores	25,3	825	32,6	200	200	Insuficiente
Almacén juegos, ropa	118,2	4950	41,9	200	200	Insuficiente
Hab. Privada 1	10,0	825	82,5	200	200	Insuficiente
Hab. Privada 2	8,1	825	101,9	200	200	Insuficiente
Baño	5,7	825	144,7	100	100	Sobra luz
Porche	57,1	2200	38,5	100	100	Insuficiente
2.- Casa Maestros						
Habitación 1	11,7	1375	117,5	200	200	Insuficiente
Habitación 2	12,2	1375	112,7	200	200	Insuficiente
Habitación 3	11,6	1375	118,5	200	200	Insuficiente
Habitación 4	13,5	1375	101,9	200	200	Insuficiente
Habitación 5	19,6	825	42,1	200	200	Insuficiente
Habitación 6	11,5	1375	119,6	200	200	Insuficiente
Habitación 7	11,7	1375	117,5	200	200	Insuficiente
Habitación 8	11,5	1375	119,6	200	200	Insuficiente
Baño 1	16,9	2750	162,7	100	100	Sobra luz
Baño 2	11,4	1375	120,6	100	100	Sobra luz
Cocina Privada	5,1	500	98,0	500	250	Insuficiente
Pasillo	20,6	2750	133,5	100	100	Sobra luz
Porche	21,3	500	23,5	100	100	Insuficiente
3.- Escuela Anexo río 1						
Aula Parvulario	38,7	825	21,3	400	300	Insuficiente
Biblioteca	40,1	2475	61,7	500	300	Insuficiente

Anexo 2. Propuestas eléctricas

Edificio	Área (m ²)	Flujo luz instalado (Lm)	Iluminancia instalada(Lux)	Normativa (Lux)	Necesidad (Lux)	Obs.
Aula Actividades 1	17,4	No hay	0,0	200	200	Insuficiente
Aula Actividades 2	17,4	No hay	0,0	200	200	Insuficiente
Porche	118,1	1650	14,0	100	100	Insuficiente
4.- Escuela Anexo río 2						
Sala Inversor y Baterías	13,6	825	60,7	200	200	Insuficiente
Aula Mecanografía	22,4	1650	73,7	500	300	Insuficiente
Aula Kinder	26,0	1650	63,5	400	300	Insuficiente
Aula Prod. y desarrollo	32,9	500	15,2	500	300	Insuficiente
Aula Manualidades	41,8	3300	78,9	500	300	Insuficiente
Baño	2,9	825	284,5	100	100	Sobra luz
5.- Casa Varones						
Primer Piso						
Habitación 1	29,9	825	27,6	200	200	Insuficiente
Habitación 2	20,2	825	40,8	200	200	Insuficiente
Habitación 3	18,1	825	45,6	200	200	Insuficiente
Habitación 4	17,3	825	47,7	200	200	Insuficiente
Habitación 5	13,0	No hay	0,0	200	200	Insuficiente
Habitación 6	15,6	825	52,9	200	200	Insuficiente
Salón y Pasillo	100,6	4125	41,0	100	100	Insuficiente
Baño	10,1	825	81,7	100	100	Insuficiente
Cuarto Orientadores	12,6	825	65,5	200	200	Insuficiente
Zona escaleras	15,7	No hay	0,0	150	100	Insuficiente
Terraza	23,6	No hay	0,0	100	100	Insuficiente
Segundo Piso						
Habitación	77,0	1650	21,4	200	200	Insuficiente
Baño	16,3	825	50,6	100	100	Insuficiente
Cuarto Orientadores	10,4	825	79,3	200	200	Insuficiente
Baño Orientadores	4,2	825	196,4	100	100	Sobra luz
Sala actividades	23,8	1375	57,8	200	200	Insuficiente
Almacén	1,3	No hay	0,0	200	200	Insuficiente
Zona escaleras	10,1	No hay	0,0	150	100	Insuficiente
Terraza	12,2	No hay	0,0	100	100	Insuficiente
6.- Comedor						
Comedor 1	133,6	12375	92,6	200	200	Insuficiente
Comedor 2	31,2	2200	70,5	200	200	Insuficiente
Cocina	56,3	4950	87,9	500	200	Insuficiente
Almacén	23,0	1650	71,7	200	200	Insuficiente
Terraza	34,6	1650	47,7	100	100	Insuficiente

Edificio	Área (m ²)	Flujo luz instalado (Lm)	Iluminancia instalada(Lux)	Normativa (Lux)	Necesidad (Lux)	Obs.
7.- Casa de las Niñas						
Primer Piso						
Habitación 1	50,1	2750	54,9	200	200	Insuficiente
Habitación 2	69,3	2250	32,5	200	200	Insuficiente
Baño 1	38,8	1375	35,4	100	100	Insuficiente
Baño 2	38,1	No hay	0,0	100	100	Insuficiente
Cuarto Orientadores	48,1	825	17,2	200	200	Insuficiente
Casa Señu Bea	28,1	Desconocido	-	-	-	-
Baño Señu Bea	5,6	Desconocido	-	-	-	-
Tienda	12,1	1375	113,6	200	200	Insuficiente
Terraza	37,8	No hay	0,0	100	100	Insuficiente
Pasillo	45,0	2300	51,1	100	100	Insuficiente
Zona escaleras	4,4	No hay	0,0	150	100	Insuficiente
Segundo Piso						
Cuarto Orientadores	27,1	1150	42,4	200	200	Insuficiente
Habitación 1	22,8	2250	98,7	200	200	Insuficiente
Habitación 2	43,3	1650	38,1	200	200	Insuficiente
Habitación 3	51,9	825	15,9	200	200	Insuficiente
Habitación 4	55,2	2300	41,7	200	200	Insuficiente
Pasillo	46,5	1650	35,5	100	100	Insuficiente
Baño 1	20,6	500	24,3	100	100	Insuficiente
Baño 2	23,5	500	21,3	100	100	Insuficiente
Cuarto de estudio	17,4	500	28,7	400	300	Insuficiente
Habitación 5	15,6	500	32,1	200	200	Insuficiente
Zona escaleras	4,8	No hay	0,0	150	100	Insuficiente
Terraza	24,2	500	20,7	100	100	Insuficiente
8.- Lavandería						
Lavandería	13,4	500	37,3	500	300	Insuficiente
9.- Carpintería y Aulas						
Carpintería	199,1	825	4,1	500	100	Insuficiente
Almacén	26,3	No hay	0,0	200	200	Insuficiente
Cuarto de hormigón	16,8	1100	65,5	200	200	Insuficiente
Aula Segundo A	60,4	1100	18,2	400	300	Insuficiente
Aula Tercero	61,0	1100	18,0	400	300	Insuficiente
10.- Clínica						
Almacén Medicamentos	26,5	1000	37,7	200	200	Insuficiente
Hab. Enfermos 1	9,8	500	51,0	500	300	Insuficiente
Hab. Enfermos 2	10,5	500	47,6	500	300	Insuficiente
Consultorio	6,8	No hay	0,0	500	300	Insuficiente
Almacén	8,4	500	59,5	200	200	Insuficiente
Hab. Médicos	22,4	500	22,3	500	300	Insuficiente

Edificio	Área (m ²)	Flujo luz instalado (Lm)	Iluminancia instalada(Lux)	Normativa (Lux)	Necesidad (Lux)	Obs.
Baño	2,3	No hay	0,0	100	100	Insuficiente
Sala de estar	46,8	1150	24,6	200	200	Insuficiente
11.- Aula						
Aula Primero A	42,4	No hay	0,0	400	300	Insuficiente
12.- Escuela						
Piso 1						
Aula Primero B	30,6	1100	35,9	400	300	Insuficiente
Dirección	28,7	2200	76,7	400	300	Insuficiente
Pasillo	16,7	No hay	0,0	100	100	Insuficiente
Baño	29,5	No hay	0,0	100	100	Insuficiente
Aula Sexto	38,0	1100	28,9	400	300	Insuficiente
Zona escaleras	6,7	No hay	0,0	150	100	Insuficiente
Piso 2						
Aula Cuarto A	32,1	No hay	0,0	400	300	Insuficiente
Aula Segundo B	30,6	1100	35,9	400	300	Insuficiente
Aula Quinto B	30,1	4400	146,2	400	300	Insuficiente
Pasillo	16,3	No hay	0,0	100	100	Insuficiente
Zona escaleras	4,2	No hay	0,0	150	100	Insuficiente
Zona Cancha Piso 1						
Aula Quinto A	35,3	2300	65,2	400	300	Insuficiente
Aula Cuarto B	41,0	2800	68,3	400	300	Insuficiente
Baños	33,1	No hay	0,0	100	100	Insuficiente
Zona Cancha Piso 2						
Aula Inglés 1	33,6	No hay	0,0	400	300	Insuficiente
Aula Inglés 2	49,4	No hay	0,0	400	300	Insuficiente
Pasillo	8,9	No hay	0,0	100	100	Insuficiente
Zona escaleras	6,5	No hay	0,0	150	100	Insuficiente
Cancha	280,0	30000	107,1	300	100	Insuficiente

Tabla 3. Desglose de flujo lumínico instalado y necesario

Aclaraciones de la tabla 3:

En la columna, “cantidad de luz necesaria”, se ha tenido en cuenta que la luz necesaria en muchas salas no es necesariamente la marcada por Normativa, y que puede ser menor (véase tabla 2). Esta consideración es muy importante, ya que la propuesta de iluminación nueva debe cubrir las necesidades presentes en cada sala, y no está obligada a cumplir con la Normativa, ya que, como se ha comentado anteriormente, la zona carece de ella.

La Normativa, por lo tanto, se ha tomado únicamente como referencia para obtener la luz necesaria. Con estos Lux, se iluminarían correctamente las salas sin excesivo consumo energético.

Las observaciones se han hecho teniendo en cuenta únicamente valores numéricos. Aunque en la visita se comprobó como la luminosidad presente en mucha de las salas es suficiente, en este cálculo se tendrán en cuenta las condiciones más desfavorables posibles, es decir, días sin luz solar.

La “Sala de Actividades” se ha considerado una sala de estar, ya que las actividades que en ella se realizan no necesitan una gran visibilidad.

La “Sala de Inversores” también se ha contabilizado como sala de estar, debido a que en su interior la visibilidad que se necesita no es excesiva.

La “Tienda” se ha tenido en cuenta como sala de estar, debido a que las actividades que realizan en su interior necesitan una iluminación similar a la necesaria en una sala de estar.

La “Lavandería” se ha tenido en cuenta como una sala de trabajos manuales.

En “Carpintería” se ha considerado que se necesita una iluminación similar a la de un pasillo, es decir, una iluminación baja debido a que los trabajos que se realizan en su interior no son de precisión, y que su ausencia de paredes facilita la penetración de los rayos solares. Cuando alguna actividad necesita precisión se realiza en el exterior.

Las habitaciones y la consultoría de la clínica se han considerado como lugares donde se realizan actividades de precisión.

En el cuarto de hormigón se ha considerado que es necesaria una iluminación similar a la sala de actividades o sala de inversores.

3 Mejoras propuestas

Se propondrán dos mejoras en la iluminación del orfanato.

Una propuesta tendrá en cuenta la iluminación actual, y la otra propondrá una renovación de toda la iluminación del orfanato.

Para las dos mejoras, se ha realizado un estudio sobre distintas luminarias que presenta el mercado y se ha elaborado un presupuesto para poder compararlas y decidir cual de las dos es la óptima, en función del nivel económico disponible.

Característica	Luminaria A	Luminaria B	Luminaria C	Luminaria D	Luminaria E
Tipo	BC	BC	BC	BC	BC
Marca	Hyundai	Alverlamp	Lasting Light	Alverlamp	Alverlamp
Vida útil (horas)	8000	8000	10000	8000	8000
Flujo Lum. (Lm)	1150	1200	400	1428	350
Potencia (W)	20	20	9	28	9
Precio (€)	4	5	5	7	7

Tabla 4. Características de luminarias en el mercado

Se ha elegido la luminaria óptima mediante la técnica del valor ponderado (VTP), teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Vida útil larga. Debido a las malas condiciones medioambientales del lugar, los aparatos eléctricos ven considerablemente recortada su vida de duración, por lo que es imprescindible la instalación de luminarias de larga duración.
2. Elevado flujo lumínico. En todos los edificios, como se demuestra en la tabla 3, hay un déficit importante de flujo lumínico en prácticamente todas las zonas, por lo que se necesitan luminarias que tengan un elevado flujo lumínico, para que el número de luminarias sea el mínimo posible.
3. Precio. El factor económico es de gran importancia en este proyecto, por lo que, en todo proceso de selección, esta variable se tendrá en cuenta con el objetivo de minimizarla.
4. Potencia. La potencia debe ser baja para intentar consumir el mínimo de energía posible y a la vez alumbrar más.

Factor	Peso	Luminaria A	Luminaria B	Luminaria C	Luminaria D	Luminaria E
Vida útil	5	8	8	10	8	8
Potencia	7	8	8	5	10	5
Flujo Lumínico	8	7	8	4	10	4
Precio	9	10	8	8	5	5
Total	290	242	232	189	235	152

Tabla 5. VTP realizado

En el VTP se observa que la luminaria más adecuada es la luminaria A. Todos los cálculos de optimización de luminosidad en Casa Guatemala se harán en base a los 20W, a los 1150Lm, y a los 4€ que ofrece esta luminaria de marca Hyundai.

3.1 Escenario 1

La primera mejora consiste en seguir utilizando la iluminación ya presente, la cual está en buen estado y se puede aprovechar durante algunos años. Para complementarlo, se deben añadir las luminarias de bajo consumo detalladas anteriormente, las más rentables del mercado.

A continuación se presenta un desglose por edificios y por salas, con el presupuesto de la renovación de cada edificio por separado.

Consideraciones³:

- En el presupuesto se ha tenido en cuenta el precio de las luminarias, el precio del portalámparas y el precio del cableado necesario.
- El precio de los portalámparas se fija en 1,50€, y el precio del cableado en 20€ los 100metros. La cantidad de cable a usar es aproximada.

³ Precios orientativos. Detallados en el documento Presupuesto

a) Oficina y Bodega

Edificio	Área (m ²)	Lux nec. ⁴	Lumen nec. ⁵	Lumen inst. ⁶	Lumen por instalar ⁷	Lumen por lumin. ⁸	Lumin. Nec. ⁹	Lux finales
1.- Oficina y Bodega								
Oficina	32,5	300	9750	1650	8100	1150	7	299
Almacén Libros	33,3	200	6660	825	5835	1150	5	198
Almacén Ordenadores	25,3	200	5060	825	4235	1150	4	214
Almacén juegos, ropa	118,2	200	23640	4950	18690	1150	16	198
Hab. Privada 1	10,0	200	2000	825	1175	1150	1	198
Hab. Privada 2	8,1	200	1620	825	795	1150	1	244
Baño	5,7	100	570	825	-255	1150	-	-
Porche	57,1	100	5710	2200	3510	1150	3	99

Tabla 6. Luminarias necesarias en la Oficina-Bodega

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
Oficina	28	12,5	40,5
Almacén Libros	20	8,5	28,5
Almacén Ordenadores	16	7	23
Almacén juegos, ropa	64	32	96
Hab. Privada 1	4	1,5	5,5
Hab. Privada 2	4	1,5	5,5
Baño	-	-	-
Porche	12	6,5	18,5
Total	148	69,5	217,5

Tabla 7. Presupuesto de renovación de la Oficina-Bodega

⁴ Lux necesarios según la actividad que se realiza (ver tabla 2 de este anexo)

⁵ Dato obtenido del área de la sala y los Lux necesarios

⁶ Flujo lumínico instalado en la actualidad

⁷ Déficit de flujo lumínico, el cual se debe añadir al actual

⁸ Flujo lumínico que presenta cada luminaria nueva

⁹ Cantidad de luminarias que se deben instalar

b) Casa Maestros

Edificio	Área (m ²)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen inst.	Lumen por instalar	Lumen por lumin.	Lumin. Nec.	Lux finales
2.- Casa Maestros								
Habitación 1	11,7	200	2340	1375	965	1150	1	216
Habitación 2	12,2	200	2440	1375	1065	1150	1	207
Habitación 3	11,6	200	2320	1375	945	1150	1	218
Habitación 4	13,5	200	2700	1375	1325	1150	2	272
Habitación 5	19,6	200	3920	825	3095	1150	3	218
Habitación 6	11,5	200	2300	1375	925	1150	1	220
Habitación 7	11,7	200	2340	1375	965	1150	1	216
Habitación 8	11,5	200	2300	1375	925	1150	1	220
Baño 1	16,9	100	1690	2750	-1060	1150	-	-
Baño 2	11,4	100	1140	1375	-235	1150	-	-
Cocina Privada	5,1	500	2550	500	2050	1150	2	549
Pasillo	20,6	100	2060	2750	-690	1150	-	-
Porche	21,3	100	2130	500	1630	1150	2	131

Tabla 8. Luminarias necesarias en la Casa Maestros

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
Habitación 1	4	2	6
Habitación 2	4	2	6
Habitación 3	4	2	6
Habitación 4	8	3,5	11,5
Habitación 5	12	5	17
Habitación 6	4	2	6
Habitación 7	4	2	6
Habitación 8	4	2	6
Baño 1	-	-	-
Baño 2	-	-	-
Cocina Privada	8	3	11
Pasillo	-	-	-
Porche	8	5	13
Total	60	28,5	88,5

Tabla 9. Presupuesto de renovación de la casa de los maestros

c) Escuela Anexa Río 1

Edificio	Área (m ²)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen inst.	Lumen por instalar	Lumen por lumin.	Lumin. Nec.	Lux finales
3.- Escuela Anexa río 1								
Aula Parvulario	38,7	400	15480	825	14655	1150	13	408
Biblioteca	40,1	500	20050	2475	17575	1150	16	521
Aula Actividades 1	17,4	200	3480	No hay	3480	1150	3	198
Aula Actividades 2	17,4	200	3480	No hay	3480	1150	3	198
Porche	118,1	100	11810	1650	10160	1150	9	102

Tabla 10. Luminarias necesarias en la Escuela Anexa Río 1

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
Aula Parvulario	52	20,5	72,5
Biblioteca	64	26	90
Aula Actividades 1	12	5,5	17,5
Aula Actividades 2	12	5,5	17,5
Porche	36	16,5	52,5
Total	176	74	250

Tabla 11. Presupuesto de renovación de la escuela anexa al río 1

d) Escuela Anexa Río 2

Edificio	Área (m ²)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen inst.	Lumen por instalar	Lumen por lumin.	Lumin. Nec.	Lux finales
4.- Escuela Anexa río 2								
Sala Inversor y Baterías	13,6	200	2720	825	1895	1150	2	230
Aula Mecanografía	22,4	300	6720	1650	5070	1150	5	330
Aula Kinder	26,0	300	7800	1650	6150	1150	6	329
Aula Prod. y desarrollo	32,9	300	9870	500	9370	1150	8	295
Aula Manualidades	41,8	300	12540	3300	9240	1150	8	299
Baño	2,9	100	290	825	-535	1150	-	

Tabla 12. Luminarias necesarias en la Escuela Anexa río 2

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
Sala Inversor y Baterías	8	4	12
Aula Mecanografía	20	9,5	29,5
Aula Kinder	24	9,5	33,5
Aula Prod. y desarrollo	32	15	47
Aula Manual	32	15	47
Baño	-	-	-
Total	116	53	169

Tabla 13. Presupuesto de renovación de la escuela anexa río 2

e) Casa Varones

Edificio	Área (m ²)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen inst.	Lumen por instalar	Lumen por lumin.	Lumin. Nec.	Lux finales
5.- Casa Varones								
Primer Piso								
Habitación 1	29,9	200	5980	825	5155	1150	5	220
Habitación 2	20,2	200	4040	825	3215	1150	3	212
Habitación 3	18,1	200	3620	825	2795	1150	3	236
Habitación 4	17,3	200	3460	825	2635	1150	3	247
Habitación 5	13,0	200	2600	No hay	2600	1150	3	265
Habitación 6	15,6	200	3120	825	2295	1150	2	200
Salón y Pasillo	100,6	100	10060	4125	5935	1150	5	98
Baño	10,1	100	1010	825	185	1150	1	196
Cuarto Orientadores	12,6	200	2520	825	1695	1150	2	248
Zona escaleras	15,7	100	1570	No hay	1570	1150	2	146
Terraza	23,6	100	2360	No hay	2360	1150	2	97
Segundo Piso								
Habitación	77,0	200	15400	1650	13750	1150	12	201
Baño	16,3	100	1630	825	805	1150	1	121
Cuarto Orientadores	10,4	200	2080	825	1255	1150	1	190
Baño Orientadores	4,2	100	420	825	-405	1150	-	-
Sala actividades	23,8	200	4760	1375	3385	1150	3	203
Almacén	1,3	200	260	No hay	260	1150	-	-
Zona escaleras	10,1	100	1010	No hay	1010	1150	1	114
Terraza	12,2	100	1220	No hay	1220	1150	1	94

Tabla 14. Luminarias necesarias en la Casa de varones

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
<i>Primer Piso</i>			
Habitación 1	20	11	31
Habitación 2	12	5,5	17,5
Habitación 3	12	5,5	17,5
Habitación 4	12	4	16
Habitación 5	12	4	16
Habitación 6	8	4	12
Salón y Pasillo	20	10,5	30,5
Baño	4	2,5	6,5
Cuarto Orientadores	8	3	11
Zona escaleras	8	2,5	10,5
Terraza	8	4	12
<i>Segundo Piso</i>			
Habitación	48	22	70
Baño	4	2,5	6,5
Cuarto Orientadores	4	2,5	6,5
Baño Orientadores	-	-	-
Sala actividades	12	5,5	17,5
Almacén	-	-	-
Zona escaleras	4	2,5	6,5
Terraza	4	2,5	6,5
Total	200	94	294

Tabla 15. Presupuesto de renovación de la Casa de varones

f) Comedor

Edificio	Área (m ²)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen inst.	Lumen por instalar	Lumen por lumin.	Lumin. Nec.	Lux finales
6.- Comedor								
Comedor 1	133,6	200	26720	12375	14345	1150	13	205
Comedor 2	31,2	200	6240	2200	4040	1150	4	218
Cocina	56,3	200	11260	4950	6310	1150	6	210
Almacén	23,0	200	4600	1650	2950	1150	3	222
Terraza	34,6	100	3460	1650	1810	1150	2	114

Tabla 16. Luminarias necesarias en el Comedor

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
Comedor 1	52	29,5	81,5
Comedor 2	16	10	26
Cocina	24	13	37
Almacén	12	6,5	18,5
Terraza	8	6,5	6,5
Total	112	65,5	177,5

Tabla 17. Presupuesto de renovación del comedor

g) Casa de las niñas

Edificio	Área (m ²)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen inst.	Lumen por instalar	Lumen por lumin.	Lumin. Nec.	Lux finales
7.- Casa de las Niñas								
<i>Primer Piso</i>								
Habitación 1	50,1	200	10020	2750	7270	1150	7	216
Habitación 2	69,3	200	13860	2250	11610	1150	10	198
Baño 1	38,8	100	3880	1375	2505	1150	3	124
Baño 2	38,1	100	3810	No hay	3810	1150	4	121
Cuarto Orientadores	48,1	200	9620	825	8795	1150	8	208
Casa Seño Bea	28,1	-	-	-	-	-	-	-
Baño Seño Bea	5,6	-	-	-	-	-	-	-
Tienda	12,1	200	2420	1375	1045	1150	1	209
Terraza	37,8	100	3780	No hay	3780	1150	4	122
Pasillo	45,0	100	4500	2300	2200	1150	2	102
Zona escaleras	4,4	150	660	No hay	660	1150	1	261
<i>Segundo Piso</i>								
Hab.Orientadores	27,1	200	5420	1150	4270	1150	4	212
Habitación 1	22,8	200	4560	2250	2310	1150	2	200
Habitación 2	43,3	200	8660	1650	7010	1150	6	197
Habitación 3	51,9	200	10380	825	9555	1150	9	215
Habitación 4	55,2	200	11040	2300	8740	1150	8	208
Pasillo	46,5	100	4650	1650	3000	1150	3	110
Baño 1	20,6	100	2060	500	1560	1150	2	136
Baño 2	23,5	100	2350	500	1850	1150	2	119
Estudio	17,4	400	6960	500	6460	1150	6	425
Habitación 5	15,6	200	3120	500	2620	1150	3	253
Zona escaleras	4,8	150	720	No hay	720	1150	1	240
Terraza	24,2	100	2420	500	1920	1150	2	116

Tabla 18. Luminarias necesarias en la Casa de las Niñas

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
<i>Primer Piso</i>			
Habitación 1	28	11	39
Habitación 2	40	23	63
Baño 1	12	5	17
Baño 2	16	6,5	22,5
Cuarto Orientadores	32	12,5	44,5
Casa Seño Bea	-	-	-
Baño Seño Bea	-	-	-
Tienda	4	1,5	5,5
Terraza	16	6,5	22,5

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
Pasillo	8	5	13
Zona escaleras	4	2,5	6,5
<i>Segundo Piso</i>			
Cuarto Orientadores	16	7	23
Habitación 1	8	4	12
Habitación 2	24	13	37
Habitación 3	36	16	52
Habitación 4	32	14,5	46,5
Pasillo	12	6	18
Baño 1	8	5	13
Baño 2	8	5	13
Cuarto de estudio	24	10,5	34,5
Habitación 5	12	5	17
Zona escaleras	4	2,5	6,5
Terraza	8	5	13
Total	352	167	519

Tabla 19. Presupuesto de renovación de la Casa de las Niñas

h) Lavandería

Edificio	Área (m ²)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen inst.	Lumen por instalar	Lumen por lumin.	Lumin. Nec.	Lux finales
8.-Lavandería								
Lavandería	13,4	300	4020	500	3520	1150	3	295

Tabla 20. Luminarias necesarias en la Lavandería

Sala	Luminarias (€)	Cableado / Instalación (€)	Total (€)
Lavandería	12	5,5	17,5
Total	12	5,5	17,5

Tabla 21. Presupuesto de renovación de la Lavandería

i) Carpintería y Aulas

Edificio	Área (m ²)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen inst.	Lumen por instalar	Lumen por lumin.	Lumin. Nec.	Lux finales
9.- Carpintería y Aulas								
Carpintería	199,1	100	19910	825	19085	1150	17	102
Almacén	26,3	200	5260	No hay	5260	1150	5	219
Cuarto de hormigón	16,8	200	3360	1100	2260	1150	2	202
Aula Segundo A	60,4	300	18120	1100	17020	1150	15	304
Aula Tercero	61,0	300	18300	1100	17200	1150	15	301

Tabla 22. Luminarias necesarias en Carpintería y Aulas

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
Carpintería	68	35,5	103,5
Almacén	20	11,5	31,5
Cuarto hormigón	8	5	13
Aula Segundo A	60	26,5	86,5
Aula Tercero	60	26,5	86,5
Total	216	105	321

Tabla 23. Presupuesto de renovación de Carpintería y Aulas

j) Clínica

Edificio	Área (m ²)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen inst.	Lumen por instalar	Lumen por lumin.	Lumin. Nec.	Lux finales
10.- Clínica								
Almacén Medicamentos	26,5	200	5300	1000	4300	1150	4	211
Hab. Enfermos 1	9,8	300	2940	500	2440	1150	3	403
Hab. Enfermos 2	10,5	300	3150	500	2650	1150	3	376
Consultorio	6,8	300	2040	No hay	2040	1150	2	338
Almacén	8,4	200	1680	500	1180	1150	1	196
Hab. Médicos	22,4	300	6720	500	6220	1150	6	330
Baño	2,3	100	230	No hay	230	1150	1	500
Sala de estar	46,8	200	9360	1150	8210	1150	7	197

Tabla 24. Luminarias necesarias en la Clínica

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
Almacén Medicamentos	16	8	24
Hab. Enfermos 1	12	5	17
Hab. Enfermos 2	12	5	17
Consultorio	8	5	13
Almacén	4	3,5	7,5
Hab. Médicos	24	13	37
Baño	4	3,5	7,5
Sala de estar	28	14,5	42,5
Total	108	57,5	165,5

Tabla 25. Presupuesto de renovación de la Clínica

k) Aula

Edificio	Área (m ²)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen inst.	Lumen por instalar	Lumen por lumin.	Lumin. Nec.	Lux finales
11.- Aula								
Aula Primero A	42,4	300	12720	No hay	12720	1150	11	300

Tabla 26. Luminarias necesarias en la Aula

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
Aula Primero	44	20,5	64,5
Total	44	20,5	64,5

Tabla 27. Presupuesto de renovación de la Aula

l) Escuela

Edificio	Área (m ²)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen inst.	Lumen por instalar	Lumen por lumin.	Lumin. Nec.	Lux finales
12.- Escuela								
Piso 1								
Aula Primero B	30,6	300	9180	1100	8080	1150	7	299
Dirección	28,7	300	8610	2200	6410	1150	6	317
Pasillo	16,7	100	1670	No hay	1670	1150	2	138
Baño	29,5	100	2950	No hay	2950	1150	3	117
Aula Sexto	38,0	300	11400	1100	10300	1150	9	301
Zona escaleras	6,7	100	670	No hay	670	1150	1	172
Piso 2								
Aula Cuarto A	32,1	300	9630	No hay	9630	1150	9	322
Aula Segundo B	30,6	300	9180	1100	8080	1150	7	299
Aula Quinto B	30,1	300	9030	4400	4630	1150	4	299
Pasillo	16,3	100	1630	No hay	1630	1150	2	141
Zona escaleras	4,2	100	420	No hay	420	1150	1	274
Zona Cancha Piso 1								
Aula Quinto A	35,3	300	10590	2300	8290	1150	8	326
Aula Cuarto B	41,0	300	12300	2800	9500	1150	9	321
Baños	33,1	100	3310	No hay	3310	1150	3	104
Zona Cancha Piso 2								
Aula Inglés 1	33,6	300	10080	No hay	10080	1150	9	308
Aula Inglés 2	49,4	300	14820	No hay	14820	1150	13	303
Pasillo	8,9	100	890	No hay	890	1150	1	129
Zona escaleras	6,5	100	650	No hay	650	1150	1	177
Cancha	280,0	100	28000	30000	-2000	1150	-	

Tabla 28. Luminarias necesarias en la Escuela

Sala	Luminarias (€)	Cableado e Instalación (€)	Total (€)
<i>Piso 1</i>			
Aula Primero B	28	14,5	42,5
Dirección	24	13	37
Pasillo	8	5	13
Baño	12	6,5	18,5
Aula Sexto	36	17,5	53,5
Zona escaleras	4	2,5	6,5
<i>Piso 2</i>			
Aula Cuarto A	36	17,5	53,5
Aula Segundo B	28	14,5	42,5
Aula Quinto B	16	10	26
Pasillo	8	5	13
Zona escaleras	4	2	6
<i>Zona Cancha Piso 1</i>			
Aula Quinto A	32	14,5	46,5
Aula Cuarto B	36	16	52
Baños	12	5,5	17,5
<i>Zona Cancha Piso 2</i>			
Aula Inglés 1	36	17,5	53,5
Aula Inglés 2	52	24,5	76,5
Pasillo	4	2,5	6,5
Zona escaleras	4	2,5	6,5
Cancha	-	-	-
Total	380	191	571

Tabla 29. Presupuesto de renovación de la Escuela

m) Breve Resumen

La renovación de todo el orfanato manteniendo los puntos de luz actuales cuesta un total de 2855€, teniendo en cuenta la luminaria de bajo consumo de 20W escogida (un total de 481 luminarias), todos los portalámparas (uno por cada luminaria), y los metros de cable necesarios para su instalación. No se han tenido en cuenta otros elementos como regletas o cuadros de distribución porque estos elementos se colocarán sin depender de la mejora que se ejecute, ya que son elementos imprescindibles para un correcto funcionamiento de toda instalación y aseguran su durabilidad.

Los interruptores también serán independientes de la mejora que se ejecute. En caso de instalar luminarias en salas donde no haya, se instalará un interruptor para todas ellas, por lo que el cálculo de interruptores se realizará a posteriori, sin tener en cuenta a cuantas luminarias alimenta, instalando un único interruptor por sala.

3.2 Escenario 2

La segunda mejora consiste en la sustitución de todas las luminarias actuales por las luminarias descritas anteriormente, con tal de adquirir la iluminación óptima. En las tres últimas columnas aparecen los presupuestos aproximados de las luminarias y de su instalación.

Edificio	Área (m2)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen por lumin.	Lumin. nec.	Presup. Lumin. (€)	Cabl. e inst. (€)	Total (€)
1.- Oficina y Bodega								
Oficina	32,5	300	9750	1150	9	36	17,5	53,5
Almacén Libros	33,3	200	6660	1150	6	24	13,0	37,0
Almacén Ordenadores	25,3	200	5060	1150	5	20	11,5	31,5
Almacén juegos, ropa	118,2	200	23640	1150	21	84	39,5	123,5
Hab. Privada 1	10,0	200	2000	1150	2	8	4,0	12,0
Hab. Privada 2	8,1	200	1620	1150	2	8	4,0	12,0
Baño	5,7	100	570	1150	1	4	2,5	6,5
Porche	57,1	100	5710	1150	5	20	9,5	29,5
Total						204	101,5	305,5
2.- Casa Maestros								
Habitación 1	11,7	200	2340	1150	2	8	4,0	12,0
Habitación 2	12,2	200	2440	1150	2	8	4,0	12,0
Habitación 3	11,6	200	2320	1150	2	8	4,0	12,0
Habitación 4	13,5	200	2700	1150	2	8	4,0	12,0
Habitación 5	19,6	200	3920	1150	4	16	7,5	23,5
Habitación 6	11,5	200	2300	1150	2	8	4,0	12,0
Habitación 7	11,7	200	2340	1150	2	8	4,0	12,0
Habitación 8	11,5	200	2300	1150	2	8	4,0	12,0
Baño 1	16,9	100	1690	1150	2	8	4,0	12,0
Baño 2	11,4	100	1140	1150	1	4	2,5	6,5
Cocina Privada	5,1	250	1275	1150	1	4	2,5	6,5
Pasillo	20,6	100	2060	1150	2	8	5,0	13,0
Porche	21,3	100	2130	1150	2	8	5,0	13,0
Total						104	54,5	158,5
3.- Escuela Anexo río 1								
Aula Parvulario	38,7	400	15480	1150	14	56	23,0	79,0
Biblioteca	40,1	500	20050	1150	18	72	29,0	101,0
Aula Actividades 1	17,4	200	3480	1150	3	12	6,5	18,5
Aula Actividades 2	17,4	200	3480	1150	3	12	6,5	18,5
Porche	118,1	100	11810	1150	10	40	18,0	58,0
Total						192	83,0	275,5
4.- Escuela Anexo río 2								
Sala Inversor y Baterías	13,6	200	2720	1150	3	12	5,5	17,5

Anexo 2. Propuestas eléctricas

Edificio	Área (m2)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen por lumin.	Lumin. nec.	Presup. Lumin. (€)	Cabl. e inst. (€)	Total (€)
Aula Mecanografía	22,4	300	6720	1150	6	24	11,0	35,0
Aula Kinder	26,0	300	7800	1150	7	28	12,5	40,5
Aula Prod. y desarrollo	32,9	300	9870	1150	9	36	16,0	52,0
Aula Manualidades	41,8	300	12540	1150	11	44	19,5	63,5
Baño	2,9	100	290	1150	1	4	2,0	6,0
Total						148	66,5	214,5
5.- Casa Varones								
Primer Piso								
Habitación 1	29,9	200	5980	1150	6	24	11,0	35,0
Habitación 2	20,2	200	4040	1150	4	16	7,5	23,5
Habitación 3	18,1	200	3620	1150	3	12	5,5	17,5
Habitación 4	17,3	200	3460	1150	3	12	5,5	17,5
Habitación 5	13,0	200	2600	1150	3	12	5,5	17,5
Habitación 6	15,6	200	3120	1150	3	12	5,5	17,5
Salón y Pasillo	100,6	100	10060	1150	9	36	17,5	53,5
Baño	10,1	100	1010	1150	1	4	2,5	6,5
Cuarto Orientadores	12,6	200	2520	1150	2	8	4,0	12,0
Zona escaleras	15,7	100	1570	1150	2	8	4,0	12,0
Terraza	23,6	100	2360	1150	2	8	5,0	13,0
Segundo Piso								
Habitación	77,0	200	15400	1150	14	56	26,0	82,0
Baño	16,3	100	1630	1150	2	8	4,5	12,5
Cuarto Orientadores	10,4	200	2080	1150	2	8	4,5	12,5
Baño Orientadores	4,2	100	420	1150	1	4	2,5	6,5
Sala actividades	23,8	200	4760	1150	4	16	7,5	23,5
Almacén	1,3	200	260	1150	1	4	2,5	6,5
Zona escaleras	10,1	100	1010	1150	1	4	2,5	6,5
Terraza	12,2	100	1220	1150	1	4	2,5	6,5
Total						256	126	382
6.- Comedor								
Comedor 1	133,6	200	26720	1150	24	96	52,0	148,0
Comedor 2	31,2	200	6240	1150	6	24	15,0	39,0
Cocina	56,3	200	11260	1150	10	40	22,0	62,0
Almacén	23,0	200	4600	1150	4	16	8,5	24,5
Terraza	34,6	100	3460	1150	3	12	6,5	18,5
Total						188	104,0	292,0
7.- Casa de las Niñas								
Primer Piso								
Habitación 1	50,1	200	10020	1150	9	36	16,5	52,5
Habitación 2	69,3	200	13860	1150	12	48	27,0	75,0
Baño 1	38,8	100	3880	1150	4	16	9,0	25,0
Baño 2	38,1	100	3810	1150	4	16	10,0	26,0
Cuarto Orientadores	48,1	200	9620	1150	9	36	16,5	52,5
Casa Señu Bea	28,1	-	-	-	-	-	-	-
Baño Señu Bea	5,6	-	-	-	-	-	-	-

Anexo 2. Propuestas eléctricas

Edificio	Área (m2)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen por lumin.	Lumin. nec.	Presup. Lumin. (€)	Cabl. e inst. (€)	Total (€)
Tienda	12,1	200	2420	1150	2	8	4,0	12,0
Terraza	37,8	100	3780	1150	4	16	8,5	24,5
Pasillo	45,0	100	4500	1150	4	16	6,1	22,1
Zona escaleras	4,4	100	440	1150	1	4	2,5	6,5
Segundo Piso								
Cuarto Orientadores	27,1	200	5420	1150	5	20	9,0	29,0
Habitación 1	22,8	200	4560	1150	4	16	8,0	24,0
Habitación 2	43,3	200	8660	1150	8	32	17,0	49,0
Habitación 3	51,9	200	10380	1150	9	36	18,5	54,5
Habitación 4	55,2	200	11040	1150	10	40	21,0	61,0
Pasillo	46,5	100	4650	1150	4	16	8,0	24,0
Baño 1	20,6	100	2060	1150	2	8	5,0	13,0
Baño 2	23,5	100	2350	1150	2	8	5,0	13,0
Cuarto de estudio	17,4	300	5220	1150	5	20	9,5	29,5
Habitación 5	15,6	200	3120	1150	3	12	7,5	19,5
Zona escaleras	4,8	100	480	1150	1	4	2,5	6,5
Terraza	24,2	100	2420	1150	2	8	5,0	13,0
Total						416	116,0	532,0
8.- Lavandería								
Lavandería	13,4	300	4020	1150	4	16	7,5	23,5
Total						16	7,5	23,5
9.- Carpintería y Aulas								
Carpintería	199,1	100	19910	1150	17	68	35,5	103,5
Almacén	26,3	200	5260	1150	5	20	11,5	31,5
Cuarto de hormigón	16,8	200	3360	1150	3	12	7,5	19,5
Aula Segundo A	60,4	300	18120	1150	16	64	28,0	92,0
Aula Tercero	61,0	300	18300	1150	16	64	28,0	92,0
Total						228	110,5	338,5
10.- Clínica								
Almacén Medicamentos	26,5	200	5300	1150	5	20	11,5	31,5
Hab. Enfermos 1	9,8	300	2940	1150	3	12	7,5	19,5
Hab. Enfermos 2	10,5	300	3150	1150	3	12	7,5	19,5
Consultorio	6,8	300	2040	1150	2	8	5,0	13,0
Almacén	8,4	200	1680	1150	2	8	5,0	13,0
Hab. Médicos	22,4	300	6720	1150	6	24	13,0	37,0
Baño	2,3	100	230	1150	1	4	3,5	7,5
Sala de estar	46,8	200	9360	1150	8	32	16,5	48,5
Total						120	69,5	189,5
11.- Aula								
Aula Primero A	42,4	300	12720	1150	11	44	20,5	64,5
Total						44	20,5	64,5
12.- Escuela								
Piso 1								
Aula Primero B	30,6	300	9180	1150	8	32	16,5	48,5
Dirección	28,7	300	8610	1150	8	32	16,5	48,5

Edificio	Área (m2)	Lux nec.	Lumen nec.	Lumen por lumin.	Lumin. nec.	Presup. Lumin. (€)	Cabl. e inst. (€)	Total (€)
Pasillo	16,7	100	1670	1150	2	8	5,0	13,0
Baño	29,5	100	2950	1150	3	12	6,5	18,5
Aula Sexto	38,0	300	11400	1150	10	40	20,0	60,0
Zona escaleras	6,7	100	670	1150	1	4	2,5	6,5
Piso 2								
Aula Cuarto A	32,1	300	9630	1150	9	36	18,0	54,0
Aula Segundo B	30,6	300	9180	1150	8	32	16,5	48,5
Aula Quinto B	30,1	300	9030	1150	8	32	16,5	48,5
Pasillo	16,3	100	1630	1150	2	8	4,0	12,0
Zona escaleras	4,2	100	420	1150	1	4	2,5	6,5
Zona Cancha Piso 1								
Aula Quinto A	35,3	300	10590	1150	10	40	20,0	60,0
Aula Cuarto B	41,0	300	12300	1150	11	44	21,5	65,5
Baños	33,1	100	3310	1150	3	12	5,5	17,5
Zona Cancha Piso 2								
Aula Inglés 1	33,6	300	10080	1150	9	36	17,5	53,5
Aula Inglés 2	49,4	300	14820	1150	13	52	24,5	76,5
Pasillo	8,9	100	890	1150	1	4	2,5	6,5
Zona escaleras	6,5	100	650	1150	1	4	2,5	6,5
Cancha	280,0	-	-	-	-	-	-	-
Total						432	218,5	650,5
TOTAL					587	2348,0	1078,0	3426,0

Tabla 30. Renovación de todos los puntos de luz y presupuesto

El coste de la renovación de todos los puntos de luz, sustituyendo los actuales, asciende a 3426€, para un total de 540 luminarias. Para este presupuesto se ha seguido el mismo proceso que para calcular el de la mejora 1; se han tenido en cuenta luminarias, portalámparas, metros aproximados de cable, y no se han tenido en cuenta los demás elementos, como regletas o cuadros de distribución ya que son elementos independientes de la solución que se ejecute.

Dependiendo de los recursos económicos disponibles para el proyecto se realizará una de las dos propuestas.

4 Tomas de corriente

Como se ha descrito en el anexo 1 (tabla 9), hay algunos edificios con un número suficiente de tomas de corriente. Otros edificios, en cambio, no tienen tomas de corriente, o bien las que tienen son insuficientes.

Los edificios que necesitan la instalación de tomas de corriente son los siguientes:

- Escuela anexo río 2
- Casa Varones, 2º piso
- Casa Niñas, 1er piso
- Carpintería
- Aula Primero
- Escuela

El número de tomas de corriente necesarias en cada edificio depende del uso que se haga en cada sala. En la escuela anexa al río es necesaria la instalación de, mínimo, 1 toma de corriente en cada aula. En la casa de varones es necesaria la instalación de dos tomas de corriente en la zona común, para poder realizar actividades con aparatos electrónicos como una televisión o un ordenador. En la casa de las niñas hay que instalar dos tomas de corriente por el mismo motivo que en la casa de varones. En carpintería es muy importante ampliar el número actual de tomas de corriente, ya que es habitual la utilización de maquinaria que necesita conexión eléctrica. En el aula de primero, igual que en toda la escuela, es imprescindible instalar mínimo una toma de corriente.

A continuación se detalla el número de tomas de corriente que se deben instalar para mejorar la electrificación de Casa Guatemala, así como la zona en la que deben ir:

Nº	Nombre	Tomas corriente existentes	Tomas corriente nuevas	Localización	Total tomas corriente
1	Oficina	12	0	-	12
2	Casa Maestros	16	0	-	16
3	Esc.Anexo río 1	10	0	Una en cada aula, cerca de la pizarra	7
4	Esc.Anexo río 2	4	3	-	10
5	Varones (1erPiso)	6	0	-	6
6	Varones (2ºPiso)	3	2	Una en la pared que separa habitación y baño, la otra en la zona de actividades	5
7	Comedor	2	0	-	2
8	Niñas (1erPiso)	2	2	En la entrada de la habitación 2	4
9	Niñas (2ºPiso)	4	0	-	4
10	Lavandería	0	0	-	0
11	Carpintería, aulas	10	4	Distribuidas por la Carpintería	14
12	Clínica	20	0	-	20
13	Aula Primero	0	1	Cerca de la pizarra	1
14	Escuela	0	10	Una toma de corriente en cada aula	10

Tabla 31. Instalación de tomas de corriente

Toda la instalación asciende a 22 tomas de corriente nuevas. Fijando el precio de cada una en 3€, suma un total de 66€. A este precio, de igual manera que con las luminarias, hay que sumarle el precio de cableado necesario. Como demuestran los mapas, la distancia de cableado es de entre 5 y 10 metros por toma de corriente, lo que supone un total de unos 180 metros. Teniendo en cuenta un precio de 20€ cada 100m, se obtiene un coste de 36€. La instalación de tomas de corriente, por tanto, suma un total de 102€ aproximadamente¹⁰.

¹⁰ Precios orientativos. Detallados en el documento Presupuesto.

5 Puntos de luz exteriores

Para analizar los puntos de luz exteriores se tendrá en cuenta:

1. No es una prioridad, motivo por el cual su instalación no debe elevar el coste del proyecto.
2. Se deben iluminar los caminos de hormigón por los que se circula de noche, para evitar posibles caídas.
3. Sólo se contemplará la iluminación exterior de la zona este.

Teniendo estos puntos en cuenta¹¹, se propone la siguiente solución:

Tipo luminaria	Pot. (W)	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Situación	Nº en plano
Aplique para exteriores	100	1	100	100	Camino que comunica Oficina con Casa niñas (1)	1
Farola de exterior	200	2	130	260	Camino que comunica escuelas anexas al río y casa varones (2)	2
Aplique para exteriores	100	1	100	100	Cerca de Lavandería (3)	3
Aplique para exteriores	100	1	100	100	Entrada carpintería-aulas (4)	4
Farola de exterior	200	1	130	130	Muelle de la clínica (5)	5
Aplique para exteriores	100	1	100	100	Camino de hormigón en la zona de la cancha (6)	6
Farola de exterior	200	1	130	130	En la pasarela por la que se accede al prado de las placas fotovoltaicas (7)	7

Tabla 32. Iluminación exterior

La situación de todos los apliques y farolas se puede observar en el plano 00.02.

El precio total se eleva a unos 920€¹², a lo que hay que añadir la mano de obra y todo el material extra necesario, ya sean portalámparas, cables o regletas.

¹¹ Información detallada en la tabla 3 del anexo 1

¹² Precios orientativos. Detallados en el documento Presupuesto

ANEXO 3

Consumos energéticos

Título del proyecto:

Estudio de aplicación de energía fotovoltaica en el orfanato “Ciudad de los Niños” en Guatemala

Autor:

Jordi García Llamas

Tutor:

Daniel García-Almiñana

Departamento de Proyectos

Curso 2010-2011

Índice

1 INTRODUCCIÓN	3
2 CONSUMOS ELÉCTRICOS ACTUALES EN CADA EDIFICIO	4
2.1 Oficina y Bodega	4
2.2 Casa Maestros	5
2.3 Escuela anexa río 1	6
2.4 Escuela anexa río 2	7
2.5 Casa de los Varones	7
2.6 Comedor	8
2.7 Casa de las Niñas	9
2.8 Lavandería	10
2.9 Carpintería y Aulas	11
2.10 Clínica	11
2.11 Aula	12
2.12 Escuela	12
2.13 Breve Resumen	13
3 CONSUMOS ELÉCTRICOS ESCENARIO 1	14
3.1 Oficina y Bodega	14
3.2 Casa Maestros	15
3.3 Escuela anexa río 1	16
3.4 Escuela anexa río 2	16
3.5 Casa de los Varones	17
3.6 Comedor	18

3.7 Casa de las Niñas	18
3.8 Lavandería	19
3.9 Carpintería y Aulas	20
3.10 Clínica	20
3.11 Aula	21
3.12 Escuela	21
3.13 Breve Resumen	22
4 CONSUMOS ELÉCTRICOS ESCENARIO 2	24
4.1 Consumo edificios	24
4.2 Breve Resumen	28
5 CONSUMO ELÉCTRICOS PUNTOS DE LUZ EXTERIORES	29
5.1 Consumo actual	29
5.2 Consumo con la mejora propuesta	29
6 CONSUMO ENERGÉTICO DE LAS BOMBAS	31
6.1 Consumo actual	31
6.2 Consumo con la mejora propuesta	32
7 CONSUMO TOTAL EN CASA GUATEMALA	34

1 Introducción

El anexo de consumos tiene como objetivo detallar los consumos que hay en el orfanato con el objetivo de dimensionar con precisión el número de placas fotovoltaicas necesarias. Debido al desconocimiento que hay sobre las posibles donaciones que se puedan obtener, se debe dimensionar el proyecto teniendo en cuenta diversas alternativas, que van desde la sustitución de todas las instalaciones, hasta únicamente pequeñas ampliaciones.

En la primera alternativa (instalación actual) se mantendrá toda la instalación eléctrica actual, sin añadir puntos eléctricos ni puntos de corriente, ni sustituir el material ahora presente.

En la segunda alternativa (escenario 1) se tendrá en cuenta que se añadirán los puntos luz necesarios en todas las habitaciones y salas del orfanato, y también se instalarán nuevas tomas de corriente, por lo tanto, los consumos, tanto de luz como de aparatos eléctricos aumentará. Las instalaciones actuales se mantendrán intactas, se aprovecharán todos los puntos de luz y todas las tomas de corriente que funcionan en la actualidad.

En la tercera alternativa (escenario 2), se tendrá en cuenta la sustitución de todos los puntos de luz actuales y la instalación de la luz necesaria para una correcta visibilidad. Las tomas de corriente no se sustituirán puesto que las actuales están en perfecto estado, pero se añadirán las mismas que en el escenario 1.

Además de los consumos de los edificios, tanto interiores como exteriores (terrazas, porches), se analizará el consumo de las farolas de los caminos que comunican los edificios, de los muelles y de la zona de la cancha de fútbol. En este apartado sólo se plantean dos escenarios, el actual, y el de la mejora que se proponga.

Por último, se analizarán los consumos de las bombas. Cabe recordar que el consumo energético debido al bombeo de agua es prácticamente la mitad del consumo total de casa Guatemala. Se presentará un estudio del consumo energético actual en el bombeo de agua, y una propuesta de mejora para optimizar el consumo, ya sea concienciando a los habitantes del lugar, o mejorando alguna parte de la instalación que sea deficiente y interfiera directamente en el rendimiento del circuito de aguas.

2 Consumos eléctricos actuales en cada edificio

Las potencias de cada edificio se encuentran en la página 10 del anexo 1. Son datos de elementos instalados actualmente. En este apartado se analiza las horas de uso de los Wattios de cada sala del orfanato para obtener el consumo anual en kWh.

Todos estos cálculos vienen detallados en la página 6 del anexo de cálculo.

2.1 Oficina y Bodega

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
1.- Oficina y Bodega					
Oficina	32,5	30	4,0	120,0	43,8
Almacén Libros	33,3	15	0,5	7,5	2,7
Almacén Ordenadores	25,3	15	0,5	7,5	2,7
Almacén juegos, ropa	118,2	90	0,5	45,0	16,4
Hab. Privada 1	10,0	15	1,0	15,0	5,5
Hab. Privada 2	8,1	15	1,0	15,0	5,5
Baño	5,7	15	0,5	7,5	2,7
Porche	57,1	40	3,0	120,0	43,8
<i>Otros</i>					
Ordenador coordinador	-	300	6,0	1800,0	657,0
Impresora coordinador	-	300	1,0	300,0	109,5
Baterías	-	70	1,0	70,0	25,6
Total				2507,5	915,2

Tabla 1. Consumos de luz actuales en la Oficina

La oficina y el porche son las salas con el mayor consumo de luz en este edificio. Está dotada de conexión eléctrica las 24 horas del día, ya que es el único lugar de conexión directa con el exterior, ya sea por teléfono o por Internet, y es de vital importancia que disponga siempre de electricidad. La luz en la oficina se usa unas cuatro horas diarias, principalmente por la noche, de 18:00 a 22:00. Este número de horas es una media registrada los días de la visita. En el porche hay luz visible a primera hora de la mañana y a última hora de la tarde, un total de tres horas diarias. Las demás habitaciones hay días que no consumen

electricidad puesto que no se entra una vez ha oscurecido. Otros días se usan sus luces brevemente para buscar algún material, para depositar material nuevo, o para ordenar. Las dos habitaciones privadas de trabajadores del lugar usan luz aproximadamente una hora diaria.

A estos consumos hay que sumarle los que provienen de las tomas de corriente. La oficina es un lugar en el cual coinciden muchos voluntarios y trabajadores, y al ser de las pocas salas en las que hay vigilancia prácticamente todo el día, se suelen usar las tomas de corriente para cargar aparatos electrónicos como cámaras digitales, reproductores de música, portátiles personales, etc. Además, hay que tener en cuenta el ordenador usado por el coordinador del orfanato, el cual está conectado unas seis horas diarias, y la impresora que se usa una hora diaria.

2.2 Casa Maestros

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
2.- Casa Maestros					
Habitación 1	11,7	25	3,0	75,0	27,4
Habitación 2	12,2	25	3,0	75,0	27,4
Habitación 3	11,6	25	3,0	75,0	27,4
Habitación 4	13,5	25	3,0	75,0	27,4
Habitación 5	19,6	15	3,0	45,0	16,4
Habitación 6	11,5	25	3,0	75,0	27,4
Habitación 7	11,7	25	3,0	75,0	27,4
Habitación 8	11,5	25	3,0	75,0	27,4
Baño 1	16,9	50	1,0	50,0	18,3
Baño 2	11,4	25	1,0	25,0	9,1
Cocina Privada	5,1	10	1,0	10,0	3,7
Pasillo	20,6	50	1,0	50,0	18,3
Porche	21,3	10	2,0	20,0	7,3
<i>Otros</i>					
Ordenadores portátiles	-	90	3,0	270,0	98,6
Baterías	-	60	1,0	60,0	21,9
Total				1055,0	385,1

Tabla 2. Consumos de luz actuales en la Casa de Maestros

Este edificio dispone de conexión eléctrica las 24 horas del día los siete días de la semana. Todas las habitaciones usan la luz que tienen disponible unas tres horas diarias, a primera hora de la mañana antes de empezar la escuela, y a última hora de la tarde antes de acostarse. A menudo se reúnen en el porche, por lo que la luz se usa unas dos horas diarias. Suele usarse un ordenador con una potencia de 90 W durante tres horas al día aproximadamente. Por último, se tiene en cuenta el consumo de las baterías de cámaras digitales y teléfonos móviles de prácticamente todos los maestros.

2.3 Escuela anexa río 1

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
3.- Escuela Anexa río 1					
Aula Parvulario	38,7	15	0,0	0,0	0,0
Biblioteca	40,1	45	0,0	0,0	0,0
Aula Actividades 1	17,4	0	0,0	0,0	0,0
Aula Actividades 2	17,4	0	0,0	0,0	0,0
Porche	118,1	30	0,0	0,0	0,0
Total				0,0	0,0

Tabla 3. Consumos de la escuela anexa al río 1

En este edificio no hay consumo energético. La conexión a la red es eventual, sólo se usa cuando es imprescindible, como en el caso del ensayo de obras de teatro que representan los niños del orfanato en algunos festivales de la zona. Las diversas tomas de corriente que hay instaladas no se usan salvo en estos casos puntuales.

La luz que hay en las aulas no se usa porque la inexistencia de paredes hace que el sol penetre en las habitaciones y no haga totalmente imprescindible el uso de luz eléctrica, ya que Casa Guatemala no puede permitirse el aumento de los consumos actuales. En las mejoras propuestas, se incluye una mejora de este edificio ya que debe haber luz en las aulas para usarse en días de baja luminosidad solar.

2.4 Escuela anexa río 2

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
4.- Escuela Anexa río 2					
Sala Inversor y Baterías	13,6	15	0,0	0,0	0,0
Aula Mecanografía	22,4	30	0,0	0,0	0,0
Aula Kinder	26	30	0,0	0,0	0,0
Aula Prod. y desarrollo	32,9	60	0,0	0,0	0,0
Aula Manualidades	41,8	60	0,0	0,0	0,0
Baño	2,9	15	0,0	0,0	0,0
Total				0,0	0,0

Tabla 4. Consumos de la escuela anexa al río 2

En la escuela anexa al río 2, el consumo energético también es nulo, ya que las instalaciones que tiene solo se usan en casos excepcionales. Aunque en días normales la luz no es imprescindible en algunas aulas, su instalación es necesaria para días más oscuros o para el uso de aparatos electrónicos como puede ser un radiocasete.

2.5 Casa de los Varones

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
5.- Casa Varones					
<i>Primer Piso</i>					
Habitación 1	29,9	15	4,0	60,0	21,9
Habitación 2	20,2	15	4,0	60,0	21,9
Habitación 3	18,1	15	4,0	60,0	21,9
Habitación 4	17,3	15	4,0	60,0	21,9
Habitación 5	13,0	0	0,0	0,0	0,0
Habitación 6	15,6	15	4,0	60,0	21,9
Salón y Pasillo	100,6	75	4,0	300,0	109,5
Baño	10,1	15	3,0	45,0	16,4
Cuarto Orientadores	12,6	15	2,0	30,0	11,0
Zona escaleras	15,7	0	0,0	0,0	0,0
Terraza	23,6	0	0,0	0,0	0,0
<i>Segundo Piso</i>					

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
Habitación	77,0	30	4,0	120,0	43,8
Baño	16,3	15	4,0	60,0	21,9
Cuarto Orientadores	10,4	15	2,0	30,0	11,0
Baño Orientadores	4,2	15	1,0	15,0	5,5
Sala actividades	23,8	25	4,0	100,0	36,5
Almacén	1,3	0	0,0	0,0	0,0
Zona escaleras	10,1	0	0,0	0,0	0,0
Terraza	12,2	0	0,0	0,0	0,0
<i>Otros</i>					
Equipo música	-	60	1,0	60,0	21,9
Baterías	-	60	1,0	60,0	21,9
Total				1120,0	408,8

Tabla 5. Consumos en la casa de Varones

La conexión eléctrica de este edificio suele estar dividida en dos franjas horarias. La primera franja es durante la madrugada, de 4:30 a 7:00 aproximadamente. La segunda franja horaria es de 17:00 a 20:30, cuando anochece. La luz se usa durante la madrugada, antes de ir a la escuela, y al anochecer, antes de ir a dormir, momento en el cual los niños se asean, hacen los deberes y otras actividades. De esta manera se aprovecha al máximo las horas de conexión. Todas las tareas equivalen a unas cuatro horas diarias. Los orientadores, por otro lado, permanecen menos horas en sus habitaciones ya que deben vigilar y cuidar a todos los niños. Las tomas de corriente se usan una hora al día, de manera muy aproximada, tiempo que aprovechan los orientadores y algunos voluntarios para cargar cámaras de fotos o portátiles.

2.6 Comedor

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
6.- Comedor					
Comedor 1	133,6	225	5,0	1125,0	410,6
Comedor 2	31,2	40	5,0	200,0	73,0
Cocina	56,3	90	8,0	720,0	262,8
Almacén	23	30	1,0	30,0	11,0
Terraza	34,6	80	2,0	160,0	58,4
<i>Otros</i>					
Televisión	-	80	1,0	80,0	29,2
Total				2315,0	845,0

Tabla 6. Consumos en el Comedor

El comedor dispone de conexión eléctrica durante la madrugada, de 4:30 a 7:00, y al atardecer, de 17:00 a 20:30. La conexión proviene de las baterías, por lo que, en días oscuros, también se habilita durante la comida, sobre las 12:00 aproximadamente.

En la cocina la luz permanece encendida durante prácticamente todo el día, ya que, a las cinco horas al día que los niños o voluntarios permanecen en su interior, se debe añadir las tres horas al día que se está cocinando y preparando comida para los más de 250 niños y niñas del orfanato.

El televisor se usa dos o tres veces a la semana durante dos horas, tiempo en el cual los niños ven alguna película o algún partido de fútbol.

2.7 Casa de las Niñas

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
7.- Casa de las Niñas					
<i>Primer Piso</i>					
Habitación 1	50,1	30	4,0	120,0	43,8
Habitación 2	69,3	40	4,0	160,0	58,4
Baño 1	38,8	25	2,0	50,0	18,3
Baño 2	38,1	0	0,0	0,0	0,0
Cuarto Orientadores	48,1	15	2,0	0,0	0,0
Casa Señu Bea	28,1	0	0,0	0,0	0,0
Baño Señu Bea	5,6	0	0,0	0,0	0,0
Tienda	12,1	25	5,0	125,0	45,6
Terraza	37,8	0	0,0	0,0	0,0
Pasillo	45	40	4,0	0,0	0,0
Zona escaleras	4,4	0	0,0	0,0	0,0
<i>Segundo Piso</i>					
Cuarto Orientadores	27,1	20	2,0	40,0	14,6
Habitación 1	22,8	40	4,0	160,0	58,4
Habitación 2	43,3	30	4,0	120,0	43,8
Habitación 3	51,9	15	4,0	60,0	21,9
Habitación 4	55,2	40	4,0	160,0	58,4
Pasillo	46,5	30	4,0	120,0	43,8
Baño 1	20,6	10	2,0	20,0	7,3
Baño 2	23,5	60	2,0	120,0	43,8
Cuarto de estudio	17,4	10	3,0	30,0	11,0

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
Habitación 5	15,6	10	4,0	40,0	14,6
Zona escaleras	4,8	0	3,0	0,0	0,0
Terraza	24,2	60	2,0	120,0	43,8
<i>Otros</i>					
Baterías	-	70	1,0	70,0	25,6
Equipo música	-	60	2,0	120,0	43,8
Total				1635,0	596,8

Tabla 7. Consumos la Casa de las Niñas

En la Casa de las Niñas los consumos son análogos a los descritos en la Casa de los Varones. Hay conexión eléctrica de 4:30 a 7:00 de la mañana, y de 17:00 a 20:30 de la tarde-noche. Se usa la totalidad de la luz unas cuatro horas diarias en todas las habitaciones salvo en los aseos y en las habitaciones de los orientadores, salas en la que se ha estimado un uso de dos horas diarias. Además, las tomas de corriente se usan para recargar baterías, una hora diaria, y para usar el aparato de música en algunas actividades que realizan las niñas unas dos horas diarias.

2.8 Lavandería

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
8.- Lavandería					
Lavandería	13,4	60	0,0	0,0	0,0
Total				0,0	0,0

Tabla 8. Consumo en la lavandería

En la lavandería hay conexión de 17:00 a 20:30, aunque no se suele usar ya que se suele lavar la ropa aprovechando la luz solar y así reducir el consumo energético. De manera eventual, si algún día es necesario se aprovechan estas tres horas y media para realizar alguna labor, pero de forma habitual no se usan.

2.9 Carpintería y Aulas

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
9.- Carpintería y Aulas					
Carpintería	199,1	15	0,5	7,5	2,7
Almacén	26,3	0	0,0	0,0	0,0
Cuarto de hormigón	16,8	20	0,0	0,0	0,0
Aula Segundo A	60,4	20	1,0	20,0	7,3
Aula Tercero	61	20	1,0	20,0	7,3
<i>Otros</i>					
Maquinaria	-	400	1,0	400,0	146,0
Total				447,5	163,3

Tabla 9. Consumos en Carpintería y Aulas

En la Carpintería se usan algunas luces diariamente unas dos horas, y otras luces no se suelen usar nunca. La conexión viene directa del generador, por lo que, a diferencia de la mayoría de edificios, no depende del estado de las baterías. Se ha hecho una aproximación a un consumo de toda la instalación de media hora diaria. En las aulas las luces se usan apenas una hora diaria cada mañana.

2.10 Clínica

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
10.- Clínica					
Almacén Medicamentos	26,5	20	3,0	60,0	21,9
Hab. Enfermos 1	9,8	10	3,0	30,0	11,0
Hab. Enfermos 2	10,5	10	3,0	30,0	11,0
Consultorio	6,8	0	0,0	0,0	0,0
Almacén	8,4	10	3,0	30,0	11,0
Hab. Médicos	22,4	10	3,0	30,0	11,0
Baño	2,3	0	1,0	0,0	0,0
Sala de estar	46,8	20	3,0	60,0	21,9
<i>Otros</i>					
Baterías	-	70	1,0	70,0	25,6
Total				310,0	113,2

Tabla 10. Consumos en Clínica

En este edificio la conexión está disponible únicamente de 17:00 a 20:30. Se suelen aprovechar todas las luces durante este periodo de tiempo. Es uno de los edificios donde es más necesaria la conexión, ya que hay elementos eléctricos que se necesitan para algunos tratamientos que necesitan algunos niños, voluntarios o trabajadores. Se aproxima a dos horas diarias el uso de tomas de corriente para cargar o usar utensilios médicos.

2.11 Aula

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
11.- Aula					
Aula Primero A	42,4	0	0,0	0,0	0,0
Total				0,0	0,0

Tabla 11. Consumos en Aula Primero A

En el aula de Primero A, no hay luz eléctrica ni tomas de corriente. Su instalación es imprescindible.

2.12 Escuela

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
12.- Escuela					
<i>Piso 1</i>					
Aula Primero B	30,6	20	1,0	20,0	7,3
Dirección	28,7	40	1,0	40,0	14,6
Pasillo	16,7	0	0,0	0,0	0,0
Baño	29,5	0	0,0	0,0	0,0
Aula Sexto	38	20	1,0	20,0	7,3
Zona escaleras	6,7	0	0,0	0,0	0,0
<i>Piso 2</i>					
Aula Cuarto A	32,1	0	0,0	0,0	0,0
Aula Segundo B	30,6	20	1,0	20,0	7,3
Aula Quinto B	30,1	80	1,0	80,0	29,2
Pasillo	16,3	0	0,0	0,0	0,0
Zona escaleras	4,2	0	0,0	0,0	0,0
<i>Zona Cancha Piso 1</i>					

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
Aula Quinto A	35,3	40	1,0	40,0	14,6
Aula Cuarto B	41	50	1,0	50,0	18,3
Baños	33,1	0	0,0	0,0	0,0
<i>Zona Cancha Piso 2</i>					
Aula Inglés 1	33,6	0	0,0	0,0	0,0
Aula Inglés 2	49,4	0	0,0	0,0	0,0
Pasillo	8,9	0	0,0	0,0	0,0
Zona escaleras	6,5	0	0,0	0,0	0,0
Cancha	280	540	0,2	108,0	39,4
Total				378,0	138,0

Tabla 12. Consumo en la Escuela

En la Escuela habitualmente no se usan las luces, ya sea por ahorro energético, o por el mal estado de la instalación. A pesar de ello, la luz no es suficiente para poder leer con comodidad en ninguna de las aulas. La luz eléctrica de la cancha se usa en parte algunos días, por lo que se ha aproximado a un cuarto de hora diario como media.

2.13 Breve Resumen

En el análisis detallado de los doce edificios de Casa Guatemala, se obtiene una potencia total de 4.760W, y un consumo eléctrico total de unos 9.800Wh, lo que equivale a un consumo anual de 3.600kWh/año.

En el caso de no obtener una donación mediante la cual se pueda renovar y ampliar la instalación eléctrica, el proyecto se dimensionará en base a estos datos numéricos.

En el caso de obtener donaciones de material eléctrico y de placas fotovoltaicas, el proyecto se dimensionará de acuerdo con una de las dos mejoras propuestas, dependiendo de la magnitud de la donación y del material disponible.

3 Consumos eléctricos escenario 1

En la primera mejora propuesta, se ha tenido en cuenta el aprovechamiento de la instalación eléctrica actual, y la ampliación con nuevas luminarias de 20W. De esta manera, la potencia que habrá en cada sala estará formada por la potencia actual más la potencia de las luminarias nuevas¹.

En cuanto a las tomas de corriente, la instalación de las nuevas hará que los consumos aumenten sensiblemente.

3.1 Oficina y Bodega

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
1.- Oficina y Bodega					
Oficina	32,5	170	4,0	680,0	248,2
Almacén Libros	33,3	115	1,0	115,0	42,0
Almacén Ordenadores	25,3	95	0,5	47,5	17,3
Almacén juegos, ropa	118,2	410	1,0	410,0	149,7
Hab. Privada 1	10,0	35	1,0	35,0	12,8
Hab. Privada 2	8,1	35	1,0	35,0	12,8
Baño	5,7	15	0,5	7,5	2,7
Porche	57,1	100	3,0	300,0	109,5
<i>Otros</i>					
Ordenador coordinador	-	300	6,0	1800,0	657,0
Impresora coordinador	-	300	1,0	300,0	109,5
Baterías	-	70	3,0	210,0	76,7
Total				3940,0	1438,1

Tabla 13. Consumos de luz actuales en la Oficina

En este edificio la sala que más se usa es la oficina. Con el objetivo que se pueda hacer correctamente las reuniones pertinentes de los voluntarios cada noche, se estima que la instalación eléctrica se usará unas cuatro horas diarias. Algunas horas de uso se han visto ampliadas en esta mejora propuesta, como puede ser el uso de las tomas de corriente para cargar baterías.

¹ Detalles de luminarias nuevas en anexo 2, página 12 en adelante

3.2 Casa Maestros

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
2.- Casa Maestros					
Habitación 1	11,7	45	3,0	135,0	49,3
Habitación 2	12,2	45	3,0	135,0	49,3
Habitación 3	11,6	45	3,0	135,0	49,3
Habitación 4	13,5	65	3,0	195,0	71,2
Habitación 5	19,6	75	3,0	225,0	82,1
Habitación 6	11,5	45	3,0	135,0	49,3
Habitación 7	11,7	45	3,0	135,0	49,3
Habitación 8	11,5	45	3,0	135,0	49,3
Baño 1	16,9	50	1,5	75,0	27,4
Baño 2	11,4	25	1,5	37,5	13,7
Cocina Privada	5,1	50	1,0	50,0	18,3
Pasillo	20,6	50	3,0	150,0	54,8
Porche	21,3	50	3,0	150,0	54,8
<i>Otros</i>					
Ordenadores portátiles	-	90	3,0	270,0	98,6
Baterías	-	60	2,0	120,0	43,8
Total				2082,5	760,1

Tabla 14. Consumos de luz actuales en la Casa de Maestros

En la Casa de Maestros se han estimado unos consumos similares a los actuales. Según opiniones de los propios profesores que dormían en este edificio, no usaban las instalaciones eléctricas más de tres horas diarias.

3.3 Escuela anexa río 1

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
3.- Escuela Anexa río 1					
Aula Parvulario	38,7	275	1,0	275,0	100,4
Biblioteca	40,1	365	1,0	365,0	133,2
Aula Actividades 1	17,4	60	1,0	60,0	21,9
Aula Actividades 2	17,4	60	1,0	60,0	21,9
Porche	118,1	210	1,0	210,0	76,7
<i>Otros</i>					
Radiocasete y otros	-	60	1,0	60,0	21,9
Total				1030,0	376,0

Tabla 15. Consumos de la escuela anexa al río 1

En las aulas de la escuela anexa al río 1 hay suficiente claridad durante un día de luminosidad habitual en Guatemala. Los días más nublados, sin embargo, la luz es escasa, por lo que se aproxima el uso de luz a una hora diaria, aunque muchos días no habrá que usar la instalación, y otros será imprescindible.

Con la instalación de tomas de corriente, se aproxima a una hora diaria su uso para uso del radiocasete para realizar ejercicios orales de inglés, o para actividades que necesiten corriente eléctrica.

3.4 Escuela anexa río 2

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
4.- Escuela Anexa río 2					
Sala Inversor y Baterías	13,6	35	0,5	17,5	6,4
Aula Mecanografía	22,4	70	1,0	70,0	25,6
Aula Kinder	26	70	1,0	70,0	25,6
Aula Prod. y desarrollo	32,9	80	2,0	160,0	58,4
Aula Manualidades	41,8	120	2,0	240,0	87,6
Baño	2,9	35	0,5	17,5	6,4
<i>Otros</i>					
Radiocasete y otros	-	60	1,0	60,0	21,9
Total				575,0	209,9

Tabla 16. Consumos de la escuela anexa al río 2

Este edificio presenta el mismo caso que el edificio anterior. Las aulas necesitarán luz algunos días diversas horas, mientras que otros días no será necesario. Destacar las aulas de productividad y desarrollo, y la de manualidades, ambas más oscuras que el resto, por lo que se estima una media de dos horas diarias en lugar de una.

De manera análoga a la escuela anexa río 1, se aproxima a una hora diaria el uso de las tomas de corriente para actividades durante las horas lectivas.

3.5 Casa de los Varones

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
5.- Casa Varones					
Primer Piso					
Habitación 1	29,9	115	4,0	460,0	167,9
Habitación 2	20,2	75	4,0	300,0	109,5
Habitación 3	18,1	75	4,0	300,0	109,5
Habitación 4	17,3	75	4,0	300,0	109,5
Habitación 5	13,0	60	4,0	0,0	0,0
Habitación 6	15,6	55	4,0	220,0	80,3
Salón y Pasillo	100,6	175	4,0	700,0	255,5
Baño	10,1	35	3,0	105,0	38,3
Cuarto Orientadores	12,6	55	2,0	110,0	40,2
Zona escaleras	15,7	40	1,0	0,0	0,0
Terraza	23,6	40	1,0	0,0	0,0
Segundo Piso					
Habitación	77,0	270	4,0	1080,0	394,2
Baño	16,3	35	3,0	105,0	38,3
Hab. Orientadores	10,4	35	2,0	70,0	25,6
Baño Orientadores	4,2	15	1,0	15,0	5,5
Sala actividades	23,8	85	4,0	340,0	124,1
Almacén	1,3	0	0,0	0,0	0,0
Zona escaleras	10,1	20	1,0	20,0	7,3
Terraza	12,2	20	1,0	20,0	7,3
Otros					
Baterías	-	60	2,0	120,0	43,8
Equipo música		60	1,0	60,0	21,9
Total				4325,0	1578,6

Tabla 17. Consumos en la casa de Varones

En la Casa de los Varones se necesita la luz unas cuatro horas diarias en las salas de mayor uso, como son las habitaciones y el salón de cada piso. Se usarán las tomas de corriente instaladas para reproducir música o películas en los portátiles de los voluntarios. Se aproxima su uso a una hora diaria.

3.6 Comedor

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
6.- Comedor					
Comedor 1	133,6	485	5,0	2425,0	885,1
Comedor 2	31,2	120	5,0	600,0	219,0
Cocina	56,3	210	8,0	1680,0	613,2
Almacén	23	190	1,0	190,0	69,4
Terraza	34,6	120	2,0	240,0	87,6
<i>Otros</i>					
Televisión	-	80	1,0	80,0	29,2
Total				5215,0	1903,5

Tabla 18. Consumos en el Comedor

En el comedor se mantienen las horas actuales. Con la instalación de más luminarias es suficiente, no es necesario incrementar las horas de uso, ya que durante las otras horas del día no se usa este edificio.

3.7 Casa de las Niñas

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
7.- Casa de las Niñas					
Primer Piso					
Habitación 1	50,1	170	4,0	680,0	248,2
Habitación 2	69,3	240	4,0	960,0	350,4
Baño 1	38,8	85	2,0	170,0	62,1
Baño 2	38,1	80	1,0	80,0	29,2
Cuarto Orientadores	48,1	175	1,0	175,0	63,9
Casa Señu Bea	28,1	0	0,0	0,0	0,0
Baño Señu Bea	5,6	0	0,0	0,0	0,0

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
Tienda	12,1	45	5,0	225,0	82,1
Terraza	37,8	80	1,0	80,0	29,2
Pasillo	45	80	4,0	0,0	0,0
Zona escaleras	4,4	20	1,0	0,0	0,0
Segundo Piso					
Cuarto Orientadores	27,1	100	2,0	200,0	73,0
Habitación 1	22,8	80	4,0	320,0	116,8
Habitación 2	43,3	150	4,0	600,0	219,0
Habitación 3	51,9	195	4,0	780,0	284,7
Habitación 4	55,2	200	4,0	800,0	292,0
Pasillo	46,5	90	4,0	360,0	131,4
Baño 1	20,6	50	2,0	100,0	36,5
Baño 2	23,5	100	2,0	200,0	73,0
Cuarto de estudio	17,4	130	3,0	390,0	142,4
Habitación 5	15,6	70	4,0	280,0	102,2
Zona escaleras	4,8	20	3,0	60,0	21,9
Terraza	24,2	100	2,0	200,0	73,0
Otros					
Baterías	-	60	1,5	90,0	32,9
Equipo música	-	60	2,0	120,0	43,8
Total				6870,0	2507,6

Tabla 19. Consumos la Casa de las Niñas

En la Casa de las Niñas el caso es el mismo que en la Casa de los Varones. En las salas de mayor uso, las habitaciones y los pasillos, el uso es de unas cuatro horas diarias. Mencionar el caso de la tienda. La tienda es una importante fuente de ingresos para Cada Guatemala. Aunque tiene pocos productos, es el único lugar en el que los voluntarios pueden adquirir bebida fresca y algunos alimentos, por lo que su correcta iluminación es imprescindible.

3.8 Lavandería

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
8.- Lavandería					
Lavandería	13,4	120	1,0	120,0	43,8
Total				120,0	43,8

Tabla 20. Consumo en la lavandería

La lavandería no se usa a diario, ya que se suele lavar la ropa detrás de la cancha de fútbol, cerca del emplazamiento de las placas fotovoltaicas. Por este motivo, se estima su uso en una hora diaria.

3.9 Carpintería y Aulas

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
9.- Carpintería y Aulas					
Carpintería	199,1	355	1,0	355,0	129,6
Almacén	26,3	100	1,0	100,0	36,5
Cuarto de hormigón	16,8	60	0,5	30,0	11,0
Aula Segundo A	60,4	320	1,0	320,0	116,8
Aula Tercero	61	320	1,0	320,0	116,8
Otros					
Maquinaria	-	400	1,5	600,0	219,0
Total				1725,0	629,6

Tabla 21. Consumos en Carpintería y Aulas

En las salas de la carpintería no se suele usar luz eléctrica, por lo que su uso será escaso. Las dos aulas reciben bastante luz solar, aunque, debido a los días nublados, el uso de luz eléctrica se estima en una hora diaria.

3.10 Clínica

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
10.- Clínica					
Almacén Medicamentos	26,5	100	3,0	300,0	109,5
Hab. Enfermos 1	9,8	70	3,0	210,0	76,7
Hab. Enfermos 2	10,5	70	3,0	210,0	76,7
Consultorio	6,8	40	2,0	80,0	29,2
Almacén	8,4	30	3,0	90,0	32,9
Hab. Médicos	22,4	130	3,0	390,0	142,4
Baño	2,3	20	0,5	10,0	3,7
Sala de estar	46,8	160	3,0	480,0	175,2
Otros					
Baterías	-	60	2,0	120,0	43,8
Total				1890,0	689,9

Tabla 22. Consumos en la Clínica

La Clínica es uno de los edificios cuya renovación lumínica es más importante. En todas las habitaciones en las que puede haber, o bien niños o niñas enfermos o con heridas que necesitan atención, o bien medicamentos, se necesita tener luz el máximo de horas posibles. Consultando con las enfermeras de Casa Guatemala, han estimado en unas tres horas diarias el uso de la luz eléctrica.

3.11 Aula

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
11.- Aula					
Aula Primero A	42,4	220	2,0	440,0	160,6
<i>Otros</i>					
Radiocasete y otros	-	60	1,0	60,0	21,9
Total				500,0	182,5

Tabla 23. Consumos en Aula Primero A

Es una de las aulas más oscuras. Se aproxima a unas dos horas diarias el uso de luz eléctrica, posiblemente a primera hora de la mañana. Con la instalación de nuevas tomas de corriente, se podrán usar radiocasetes en las clases. Su uso se aproxima a una hora diaria.

3.12 Escuela

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
12.- Escuela					
Piso 1					
Aula Primero B	30,6	160	2,0	320,0	116,8
Dirección	28,7	160	2,0	320,0	116,8
Pasillo	16,7	40	2,0	80,0	29,2
Baño	29,5	60	1,0	60,0	21,9
Aula Sexto	38	200	2,0	400,0	146,0
Zona escaleras	6,7	20	2,0	40,0	14,6
Piso 2					
Aula Cuarto A	32,1	180	2,0	360,0	131,4
Aula Segundo B	30,6	160	2,0	320,0	116,8

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
Aula Quinto B	30,1	160	2,0	320,0	116,8
Pasillo	16,3	40	2,0	80,0	29,2
Zona escaleras	4,2	20	1,0	20,0	7,3
Zona Cancha Piso 1					
Aula Quinto A	35,3	200	2,0	400,0	146,0
Aula Cuarto B	41	230	2,0	460,0	167,9
Baños	33,1	60	1,0	60,0	21,9
Zona Cancha Piso 2					
Aula Inglés 1	33,6	180	2,0	360,0	131,4
Aula Inglés 2	49,4	260	2,0	520,0	189,8
Pasillo	8,9	20	1,0	20,0	7,3
Zona escaleras	6,5	20	0,5	10,0	3,7
Cancha	280	540	0,2	108,0	39,4
Otros					
Radiocasete y otros	-	180	2,0	360,0	131,4
Total				4618,0	1685,6

Tabla 24. Consumo en la Escuela

En la Escuela hay varias aulas o salas para profesores que son oscuras durante las primeras horas de la mañana, por lo que se ha estimado en unas 2 horas diarias el uso de las instalaciones eléctricas. En la escuela, debido al gran número de aulas que hay, el uso de las tomas de corriente se aproxima a dos horas diarias.

3.13 Breve Resumen

La potencia obtenida con la mejora eléctrica propuesta es de unos 14.440W y se estima un consumo energético de 33.000Wh cada día, lo que equivale a 12.000kWh/año. El consumo ha aumentado de manera importante, dato lógico debido al incremento de elementos eléctricos, los cuales aseguran una correcta visibilidad en todos los edificios y a todas horas.

En el caso de obtener donaciones que no permitiesen una instalación capaz de generar los más de 30.000Wh necesarios, o en el caso de no disponer de esta

cantidad de energía por causas meteorológicas, se daría total prioridad a las necesidades de todas las aulas y de la oficina².

Esta situación se regulará mediante contadores de consumo instalados en cada edificio, con tal de priorizar unos edificios u otros en función de las necesidades.

² Véase capítulo 14 “Gestión Energética” del documento Memoria

4 Consumos eléctricos escenario 2

En la segunda mejora se propone sustituir todas las luminarias actuales por otras de 20W cada una. Las horas de uso se mantienen respecto al escenario 1, por lo que la única diferencia será la potencia de consumo debido al cambio de luminarias³. Los consumos en las tomas de corriente se consideran los mismos que los propuestos en el escenario 1, ya que existe el mismo número de tomas de corriente en los dos casos.

4.1 Consumo edificios

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
1.- Oficina y Bodega					
Oficina	32,5	180	4,0	720,0	262,8
Almacén Libros	33,3	120	1,0	120,0	43,8
Almacén Ordenadores	25,3	100	0,5	50,0	18,3
Almacén juegos, ropa	118,2	420	1,0	420,0	153,3
Hab. Privada 1	10,0	40	1,0	40,0	14,6
Hab. Privada 2	8,1	40	1,0	40,0	14,6
Baño	5,7	20	0,5	10,0	3,7
Porche	57,1	100	3,0	300,0	109,5
<i>Otros</i>					
Ordenador coordinador	-	300	6,0	1800,0	657,0
Impresora coordinador	-	300	1,0	300,0	109,5
Baterías	-	70	3,0	210,0	76,7
Total				4010,0	1463,7
2.- Casa Maestros					
Habitación 1	11,7	40	3,0	120,0	43,8
Habitación 2	12,2	40	3,0	120,0	43,8
Habitación 3	11,6	40	3,0	120,0	43,8
Habitación 4	13,5	40	3,0	120,0	43,8
Habitación 5	19,6	80	3,0	240,0	87,6
Habitación 6	11,5	40	3,0	120,0	43,8
Habitación 7	11,7	40	3,0	120,0	43,8
Habitación 8	11,5	40	3,0	120,0	43,8
Baño 1	16,9	40	1,5	60,0	21,9

³ Ver páginas 11 y 12 del anexo 2

Anexo 3. Consumos energéticos

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
Baño 2	11,4	20	1,5	30,0	11,0
Cocina Privada	5,1	20	1,0	20,0	7,3
Pasillo	20,6	40	3,0	120,0	43,8
Porche	21,3	40	3,0	120,0	43,8
<i>Otros</i>					
Ordenadores portátiles	-	90	3,0	270,0	98,6
Baterías	-	60	2,0	120,0	43,8
Total				1820,0	664,3
3.- Escuela Anexa río 1					
Aula Parvulario	38,7	200	1,0	200,0	73,0
Biblioteca	40,1	220	1,0	220,0	80,3
Aula Actividades 1	17,4	60	1,0	60,0	21,9
Aula Actividades 2	17,4	60	1,0	60,0	21,9
Porche	118,1	200	1,0	200,0	73,0
<i>Otros</i>					
Radiocasete y otros	-	60	1,0	60,0	21,9
Total				800,0	292,0
4.- Escuela Anex río 2					
Sala Inversor y Baterías	13,6	60	0,5	30,0	11,0
Aula Mecanografía	22,4	120	1,0	120,0	43,8
Aula Kinder	26	140	1,0	140,0	51,1
Aula Prod. y desarrollo	32,9	180	2,0	360,0	131,4
Aula Manualidades	41,8	220	2,0	440,0	160,6
Baño	2,9	20	0,5	10,0	3,7
<i>Otros</i>					
Radiocasete y otros	-	60	1,0	60,0	21,9
Total				1160,0	423,4
5.- Casa Varones					
Primer Piso					
Habitación 1	29,9	120	4,0	480,0	175,2
Habitación 2	20,2	80	4,0	320,0	116,8
Habitación 3	18,1	60	4,0	240,0	87,6
Habitación 4	17,3	60	4,0	240,0	87,6
Habitación 5	13,0	60	4,0	240,0	87,6
Habitación 6	15,6	60	4,0	240,0	87,6
Salón y Pasillo	100,6	180	4,0	720,0	262,8
Baño	10,1	20	3,0	60,0	21,9
Cuarto Orientadores	12,6	40	2,0	80,0	29,2
Zona escaleras	15,7	40	1,0	40,0	14,6
Terraza	23,6	40	1,0	40,0	14,6
Segundo Piso					

Anexo 3. Consumos energéticos

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
Habitación	77,0	280	4,0	1120,0	408,8
Baño	16,3	40	3,0	120,0	43,8
Cuarto Orientadores	10,4	40	2,0	80,0	29,2
Baño Orientadores	4,2	20	1,0	20,0	7,3
Sala actividades	23,8	80	4,0	320,0	116,8
Almacén	1,3	20	0,0	0,0	0,0
Zona escaleras	10,1	20	1,0	20,0	7,3
Terraza	12,2	20	1,0	20,0	7,3
<i>Otros</i>					
Baterías	-	60	2,0	120,0	43,8
Equipo música		60	1,0	60,0	21,9
Total				4580,0	1671,7
6.- Comedor					
Comedor 1	133,6	480	5,0	2400,0	876,0
Comedor 2	31,2	120	5,0	600,0	219,0
Cocina	56,3	200	8,0	1600,0	584,0
Almacén	23	80	1,0	80,0	29,2
Terraza	34,6	60	2,0	120,0	43,8
<i>Otros</i>					
Televisión	-	80	1,0	80,0	29,2
Total				4880,0	1781,2
7.- Casa de las Niñas					
Primer Piso					
Habitación 1	50,1	180	4,0	720,0	262,8
Habitación 2	69,3	240	4,0	960,0	350,4
Baño 1	38,8	80	2,0	160,0	58,4
Baño 2	38,1	80	1,0	80,0	29,2
Cuarto Orientadores	48,1	180	1,0	180,0	65,7
Casa Señu Bea	28,1	0	0,0	0,0	0,0
Baño Señu Bea	5,6	0	0,0	0,0	0,0
Tienda	12,1	40	5,0	200,0	73,0
Terraza	37,8	80	1,0	80,0	29,2
Pasillo	45	80	4,0	0,0	0,0
Zona escaleras	4,4	20	1,0	0,0	0,0
Segundo Piso					
Cuarto Orientadores	27,1	100	2,0	200,0	73,0
Habitación 1	22,8	80	4,0	320,0	116,8
Habitación 2	43,3	160	4,0	640,0	233,6
Habitación 3	51,9	180	4,0	720,0	262,8
Habitación 4	55,2	200	4,0	800,0	292,0
Pasillo	46,5	80	4,0	320,0	116,8

Anexo 3. Consumos energéticos

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
Baño 1	20,6	40	2,0	80,0	29,2
Baño 2	23,5	40	2,0	80,0	29,2
Cuarto de estudio	17,4	100	3,0	300,0	109,5
Habitación 5	15,6	60	4,0	240,0	87,6
Zona escaleras	4,8	20	3,0	60,0	21,9
Terraza	24,2	40	2,0	80,0	29,2
<i>Otros</i>					
Baterías	-	60	1,5	90,0	32,9
Equipo música	-	60	2,0	120,0	43,8
Total				6430,0	2347,0
8.- Lavandería					
Lavandería	13,4	80	1,0	80,0	29,2
Total				80,0	29,2
9.- Carpintería y Aulas					
Carpintería	199,1	340	1,0	340,0	124,1
Almacén	26,3	100	1,0	100,0	36,5
Cuarto de hormigón	16,8	60	0,5	30,0	11,0
Aula Segundo A	60,4	320	1,0	320,0	116,8
Aula Tercero	61	320	1,0	320,0	116,8
<i>Otros</i>					
Maquinaria	-	400	1,5	600,0	219,0
Total				1710,0	624,2
10.- Clínica					
Almacén Medicamentos	26,5	100	3,0	300,0	109,5
Hab. Enfermos 1	9,8	60	3,0	180,0	65,7
Hab. Enfermos 2	10,5	60	3,0	180,0	65,7
Consultorio	6,8	40	2,0	80,0	29,2
Almacén	8,4	40	3,0	120,0	43,8
Hab. Médicos	22,4	120	3,0	360,0	131,4
Baño	2,3	20	0,5	10,0	3,7
Sala de estar	46,8	160	3,0	480,0	175,2
<i>Otros</i>					
Baterías	-	60	2,0	120,0	43,8
Total				1830,0	668,0
11.- Aula					
Aula Primero A	42,4	220	2,0	440,0	160,6
<i>Otros</i>					
Radiocasete y otros	-	60	1,0	60,0	21,9
Total				500,0	182,5
12.- Escuela					
Piso 1					

Edificio	Área (m ²)	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
Aula Primero B	30,6	160	2,0	320,0	116,8
Dirección	28,7	160	2,0	320,0	116,8
Pasillo	16,7	40	2,0	80,0	29,2
Baño	29,5	60	1,0	60,0	21,9
Aula Sexto	38	200	2,0	400,0	146,0
Zona escaleras	6,7	20	2,0	40,0	14,6
Piso 2					
Aula Cuarto A	32,1	180	2,0	360,0	131,4
Aula Segundo B	30,6	160	2,0	320,0	116,8
Aula Quinto B	30,1	160	2,0	320,0	116,8
Pasillo	16,3	40	2,0	80,0	29,2
Zona escaleras	4,2	20	1,0	20,0	7,3
Zona Cancha Piso 1					
Aula Quinto A	35,3	200	2,0	400,0	146,0
Aula Cuarto B	41	220	2,0	440,0	160,6
Baños	33,1	60	1,0	60,0	21,9
Zona Cancha Piso 2					
Aula Inglés 1	33,6	180	2,0	360,0	131,4
Aula Inglés 2	49,4	260	2,0	520,0	189,8
Pasillo	8,9	20	1,0	20,0	7,3
Zona escaleras	6,5	20	0,5	10,0	3,7
Cancha	280	500	0,2	100,0	36,5
Otros					
Radiocasete y otros	-	180	2,0	360,0	131,4
Total				4590,0	1675,4
TOTAL CASA GUATEMALA		13.980		32.390	11.822

Tabla 25. Consumo en todos los edificios de Casa Guatemala

4.2 Breve Resumen

En esta segunda mejora la potencia de toda la instalación eléctrica asciende a 13,98kW, llevando consigo un consumo de 32.500Wh, 12.000kWh/año.

Estos datos son orientativos, ya que están directamente relacionados con la concienciación de los usuarios de la instalación, pero son los que se usarán para dimensionar el campo de placas fotovoltaicas.

5 Consumo eléctricos puntos de luz exteriores

5.1 Consumo actual

Actualmente hay instalados 6 puntos de luz exterior, de los cuales funcionan 5 durante unas 3 horas y media diarias⁴, y el quinto está averiado.

Farola	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
A	175	3,5	612,5	223,6
B	175	3,5	612,5	223,6
C	175	3,5	612,5	223,6
D	175	3,5	612,5	223,6
E	-	-	-	-
F	175	3,5	612,5	223,6
Total			3062,5	1117,8

Tabla 26. Consumo actual de puntos de luz exteriores

La luz exterior consume 3.060Wh, un consumo excesivo al compararlo con la escasa luminosidad que aporta al orfanato.

5.2 Consumo con la mejora propuesta

En la mejora propuesta⁵, se tiene en cuenta la sustitución de los puntos de luz actuales por otros que den una visibilidad óptima. También se tendrá en cuenta la ampliación horaria de todas las farolas y apliques, usándose a primera hora de la mañana y cuando empiece a anochecer, hasta la finalización de todas las actividades.

⁴ Ver página 15 del anexo 1 Toma de datos en campo

⁵ Ver página 29 del anexo 2 Propuestas eléctricas

Anexo 3. Consumos energéticos

Farola	Pot. Instalada (W)	Horas de uso	Consumo (Wh)	Consumo (kWh/año)
1	100	5,0	500,0	182,5
2	400	5,0	2000,0	730,0
3	100	5,0	500,0	182,5
4	100	5,0	500,0	182,5
5	200	5,0	1000,0	365,0
6	100	5,0	500,0	182,5
7	200	5,0	1000	365,0
Total			6000,0	2190,0

Tabla 27. Consumo puntos de luz exteriores con la mejora propuesta

6 Consumo energético de las bombas

En Casa Guatemala hay en funcionamiento dos bombas. Una bomba está situada en el pozo, junto al taller de carpintería, y la otra bomba está en el río, ubicada al final de la pasarela que une el comedor con la clínica. Cada bomba proporciona agua a diversos grupos de depósitos distribuidos por toda la parcela⁶.

6.1 Consumo actual

Primero se analiza la bomba situada en el río. Esta bomba alimenta dos grupos de depósitos situados enfrente de carpintería:

- El grupo 1 está formado por cuatro depósitos con un volumen total de 8m^3 , y a una altura de 9 metros respecto a la cota 0 marcada por la bomba del río.
- El grupo 2 está formado por otros cuatro depósitos, con un volumen total de $6,4\text{m}^3$, situados a una altura de unos 9 metros.

Teniendo en cuenta las alturas (menores de 15 metros) y el caudal dado por la bomba (295 l/min), se procede al cálculo de consumo de esta bomba⁷.

La bomba del pozo está situada cerca del taller de carpintería y suministra agua al grupo de depósitos situados en el campo de fútbol (grupo 3). Estos depósitos tienen una capacidad de 12 m^3 y están situados a unos 24 metros respecto a la cota marcada por la bomba del pozo.

Con la altura de 24 metros y su caudal de 80 l/min, se procede, de manera análoga, al cálculo del consumo de esta bomba.

La tabla resumen con los consumos actuales en el bombeo de agua es la siguiente:

⁶ Detalles en la página 8 del anexo 1.

⁷ Desarrollo de cálculos de las bombas en la página 8 del anexo 4.

Bomba	Río		Pozo
Depósito	1	2	3
Volumen (m ³)	8	6,4	12
Potencia (kW) ⁸	1,1	1,1	1,5
Cargas diarias ⁹	3	1	2
Tiempo teórico (min)	81	22	300
Tiempo reacción (min) ¹⁰	15	12	15
Tiempo real (min)	126	33	330
Consumo (kWh)	2,31	0,605	8,25

Tabla 28. Consumo de las bombas

Actualmente el consumo debido al bombeo de agua es de 11,17kWh, que supone 4.075kWh/año.

6.2 Consumo con la mejora propuesta

Actualmente el llenado de todos los depósitos se controla manualmente, es decir, cuando el operario de mantenimiento detecta, de manera visual, que hay exceso de agua, cierra las llaves de paso de los depósitos y apaga la bomba.

La mejora propuesta se basa en la automatización de este sistema, lo que reduciría el tiempo de reacción, por lo tanto, el generador debería suministrar electricidad a las bombas durante menos tiempo.

Esta reducción de tiempo supondrá un gran ahorro energético. Este ahorro se aprovechará para realizar alguna carga más cada día con el objetivo que se disponga de agua las 24 horas del día en cualquier edificio estudiado por este proyecto. El grupo de depósitos 1 y 3, los de mayor capacidad, se llenarán una vez más que en la actualidad, algo que no supondrá económicamente un gasto tangible respecto al actual, ya que se ahorrará energía con la automatización del sistema.

Para cuantificar la disminución del tiempo de reacción, se supone un tiempo de 1minuto en vez de cero, debido a pequeñas imperfecciones que puedan surgir en el proceso.

⁸ Las potencias se han extraído de las placas de características (ver anexo 1 página 16)

⁹ Cantidad media, facilitados por los responsables de mantenimiento de la instalación

¹⁰ Datos aproximados, facilitados por los responsables de mantenimiento de la instalación

Los consumos son los siguientes:

Bomba	Río		Pozo
Depósito	1	2	3
Volumen (m ³)	8	6,4	12
Potencia (kW)	1,1	1,1	1,5
Cargas diarias	4	1	3
Tiempo teórico (min)	108	22	450
Tiempo reacción (min)	1	1	1
Tiempo real (min)	112	28	453
Consumo (kWh)	1,98	0,39	11,25

Tabla 29. Consumo de las bombas

El consumo debido al bombeo de agua es de 13,62kWh, que supone unos 5.000kWh/año.

Observando el consumo actual y el consumo de la mejora propuesta, se aprecia un ligero aumento de 2,45kWh diarios, 895kW anualmente, aunque asegura el hecho de poder hacer uso de agua durante las 24 horas del día, mejora notable para los niños y niñas del lugar, ya que actualmente el suministro de agua es muy intermitente.

7 Consumo total en Casa Guatemala

En Casa Guatemala hay dos tipos de consumos energéticos:

- 1- Electricidad
- 2- Bombas

El consumo eléctrico se divide en consumos en tomas de corriente (televisor, portátiles, impresora, baterías...), en luz eléctrica de edificios, y en luz eléctrica de farolas.

El consumo de las bombas está compuesto por la bomba del río que suministra agua a los depósitos situados en carpintería y cerca de la lavandería nueva, y la bomba del pozo que lo hace con los depósitos situados en el campo de fútbol.

A continuación se presenta un cuadro resumen con todos los consumos actuales y con los consumos de las mejores eléctricas y en el sistema de bombeo propuestas en el presente proyecto.

Tipo de consumo	Consumo Actual (kWh)	%	Consumo Esc. 1(kWh) ¹¹	%	Consumo Esc. 2(kWh) ¹²	%
Iluminación int.	6,41	26,7	28,54	54,3	27,96	53,8
Tomas de corriente	3,36	14,0	4,43	8,4	4,43	8,5
Iluminación ext.	3,06	12,8	6,00	11,4	6,00	11,5
Bomba de río	2,91	12,1	2,37	4,5	2,37	4,6
Bomba pozo	8,25	34,4	11,25	21,4	11,25	21,6
Total	24	100	52,6	100	52	100

Tabla 30. Tabla resumen de consumos energéticos

Se observa como actualmente la mitad del consumo energético es debido a las bombas y la otra mitad a la electricidad. El mayor gasto es causado por la bomba del pozo.

Con las mejoras propuestas el consumo de las dos bombas se reduce a un 26% pese a disponer de agua una mayor cantidad de horas.

Esta reducción en el porcentaje es debido al aumento de la iluminación interior, la cual supera ligeramente el 50%.

¹¹ El escenario 1 se refiere a la primera propuesta de mejora planteada anteriormente

¹² El escenario 2 se refiere a la segunda propuesta de mejora planteada anteriormente

ANEXO 4

Metodología y proceso de cálculo

Título del proyecto:

Estudio de aplicación de energía fotovoltaica en el orfanato “Ciudad de los Niños” en Guatemala

Autor:

Jordi García Llamas

Tutor:

Daniel García-Almiñana

Departamento de Proyectos

Curso 2010-2011

Índice

1	INTRODUCCIÓN	3
2	CÁLCULOS DE LUMINOSIDAD	4
	2.1 Localización en otros documentos	4
	2.2 Metodología de cálculo	4
3	CÁLCULOS DE CONSUMOS ELÉCTRICOS	6
	3.1 Localización en otros documentos	6
	3.2 Metodología de cálculo	6
4	CÁLCULOS DE CONSUMOS EN LAS BOMBAS	7
	4.1 Localización en otros documentos	7
	4.2 Metodología de cálculo	7
	4.3 Desarrollo de cálculo	8
5	CÁLCULOS DE DIMENSIONADO DE EQUIPOS	9
	5.1 Placas fotovoltaicas	9
	5.2 Capacidad de las baterías	29
6	DIMENSIONADO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS	29
	6.1 Localización en otros documentos	29
	6.2 Metodología de cálculo	29
	6.3 Desarrollo de cálculos	30
7	PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA	35
	7.1 Localización en otros documentos	35
	7.2 Metodología de cálculo	35
	7.3 Proceso de cálculo	35

1 Introducción

En este anexo se justifican todos los cálculos realizados en el proyecto. Se mencionan los apartados de la memoria relacionados con cada cálculo y se explica la metodología usada y todo el proceso de cálculo que ha sido necesario para acabar dimensionando la instalación fotovoltaica con todos sus equipos asociados.

2 Cálculos de luminosidad

En los cálculos de luminosidad se explica la metodología usada para calcular la cantidad de luz que hay en los edificios y la cantidad de luz que hay que instalar, así como los costes orientativos de cada apartado.

2.1 Localización en otros documentos

Memoria: Capítulos 8 y 9

Otros anexos: Anexo 2 *Propuestas eléctricas*, capítulos 2 y 3

2.2 Metodología de cálculo

Para obtener los datos necesarios de luminosidad existentes en los edificios de Casa Guatemala, primero se debe calcular la iluminancia instalada en cada sala:

$$Iluminancia = Flujo_de_luz * Área [1]$$

Introduciendo la iluminancia en Lumens (Lm), el flujo de luz en Lux, y el área en m².

Una vez encontrada la iluminancia instalada, se compara con la iluminancia necesaria, ligeramente inferior a la dada por normativa, para justificar si es necesaria o no la instalación de luminarias nuevas.

El escenario 1 viene dado por la primera mejora propuesta por el proyecto. Con la instalación de luminarias nuevas, se recalculan todos los flujos de luz y la iluminancia de cada sala.

Con el área (m²) y la iluminancia necesaria (lux), se calcula el flujo de luz necesario (Lm), aplicando la ecuación [1] vista anteriormente.

Restando el flujo de luz necesario con el flujo de luz instalado, se obtiene el flujo que se debe añadir al ya existente en la actualidad.

Teniendo en cuenta que cada luminaria nueva, según sus características técnicas, ofrece 1150Lm, y siguiendo la expresión [2], se obtiene el número de luminarias nuevas necesarias.

$$N^{\circ} \text{ lu min arias} = \frac{\text{Flujo}_{-} \text{ necesario}}{\text{Flujo}_{-} \text{ por}_{-} \text{ lu min aria}} \quad [2]$$

En los cálculos de costes, se han tenido en cuenta los siguientes precios orientativos:

- El precio por luminaria nueva es de 4€
- El precio de cableado es de 20€ cada 100m

En el escenario 2 (segunda mejora propuesta), únicamente se han tenido en cuenta las áreas de cada sala y los Lux necesarios. Aplicando la expresión [1] se obtiene el flujo de luz necesario, y aplicando la expresión [2] se obtiene el número de luminarias necesarias.

NOTA: Todas las operaciones y los resultados numéricos, debido a su simplicidad, están directamente expuestos a lo largo del anexo 2, *Propuestas eléctricas*, en las tablas correspondientes.

3 Cálculo de consumos eléctricos

3.1 Localización en otros documentos

Memoria: Capítulo 11

Otros anexos: Anexo 3 *Consumos energéticos*, capítulos 2, 3, 4 y 5

3.2 Metodología de cálculo

Con las potencias obtenidas en la página 10 del anexo 1 y las horas de consumo de las luminarias presentes en cada caso, se obtiene el consumo eléctrico. Con la siguiente expresión se obtiene el consumo diario en todos los edificios, ya sea de luz o de uso de las tomas de corriente.

$$\boxed{\text{Consumo}[Wh] = \text{Potencia}[W] * \text{Tiempo}[h]} \quad [3]$$

Finalmente se calcula el consumo anual, desglosado también por salas de cada edificio, con la siguiente expresión:

$$\boxed{\text{Consumo}[kWh / \text{año}] = \frac{\text{Consumo}[Wh]}{1000[W / kW]} * 365[días / \text{año}]} \quad [4]$$

NOTA: Todas las operaciones y los resultados numéricos, debido a su simplicidad, están directamente expuestos a lo largo del anexo 3, *Consumos energéticos*, en las tablas correspondientes.

4 Cálculos de consumos en las bombas

4.1 Localización en otros documentos

Memoria: Capítulo 11.5

Otros anexos: Anexo 3 *Consumos energéticos*, capítulo 6

4.2 Metodología de cálculo

La metodología usada para el cálculo del consumo energético de las bombas ha sido la misma para la del río y la del pozo.

A partir de la altura de los depósitos respecto a la cota cero marcada por las bombas, cada una proporciona un determinado caudal. Con el caudal (Q), el volumen de los depósitos (V) y las veces que se cargan cada día los depósitos (dato aproximado), se calcula el tiempo teórico de uso de las bombas diariamente:

$$t_1 = \frac{V}{Q} C \quad [5]$$

Al tiempo t_1 hay que añadirle el tiempo durante el cual las bombas siguen en funcionamiento pero el agua se desaprovecha debido a la falta de un control estricto del sistema.

$$t_2 = t_1 + C * t_r \quad [6]$$

Donde t_r es el tiempo de reacción; el tiempo que transcurre desde que el depósito está lleno y la bomba sigue en funcionamiento, hasta que es desconectada por el operario.

Por último, para encontrar el consumo se usa la siguiente expresión:

$$C_n = t_2 * P \quad [7]$$

Donde C_n [kWh] es el consumo y P [kW] la potencia de cada bomba

4.3 Desarrollo de cálculo

Para el cálculo de la bomba del pozo se han usado los siguientes datos:

- Altura = 24m
- Caudal (Q) = 80l/min
- Volumen (V) = $12\text{m}^3 = 12000\text{l}$
- Cargas diarias (C) = 3

Sustituyendo en la expresión [5], y haciendo los cambios de unidad necesarios, se obtiene un tiempo teórico de funcionamiento de 300 minutos al día.

Teniendo en cuenta que la potencia de la bomba es de 1,5kW, que el tiempo de reacción se fija en 15minutos, usando las expresiones [6] y [7] se obtiene el consumo de la bomba del pozo, 8,25kWh al día.

De manera análoga se procede al cálculo de la bomba del río, teniendo en cuenta que alimenta a dos grupos de depósitos:

- $\text{Altura}_1 = \text{Altura}_2 = 9\text{m}$
- Caudal (Q) = 295l/min
- $\text{Volumen}_1 (V) = 8\text{m}^3$
- $\text{Volumen}_2 (V) = 6,4\text{m}^3$
- Cargas diarias₁ (C) = 3
- Cargas diarias₂ (C) = 1
- Potencia (P) = 1,1kW
- Tiempo de reacción₁ (tr) = 15min
- Tiempo de reacción₂ (tr) = 12min

Con las expresiones [5], [6] y [7], se obtiene un consumo de 2,31kWh en el primer grupo de depósitos, y de 0,61kWh en el segundo grupo.

5 Cálculos de dimensionado de equipos

5.1 Placas fotovoltaicas

5.1.1 Localización en otros documentos

Memoria: Capítulo 12.1

Otros anexos: -

5.1.2 Metodología de cálculo

Para dimensionar las placas fotovoltaicas es debe tratar la energía destinada al sistema de bombeo y la destinada a iluminación/tomas de corriente de manera independiente, ya que su cálculo se realiza con expresiones distintas.

Para el consumo general se procede de la siguiente manera:

En primer lugar se debe conocer la irradiación solar que se puede aprovechar para el sistema fotovoltaico teniendo en cuenta la zona de la instalación y la inclinación que llevaran las placas, la cual será la óptima para aprovechar la irradiación solar lo máximo posible.

Con la siguiente expresión se encuentra la energía producida en las placas fotovoltaicas por unidad de superficie:

$$E = G * f \quad [8]$$

Donde E es la energía producida por unidad de superficie (kWh/m²/día), G es la irradiación solar aprovechable en la zona (kWh/m²/día), y f es la eficiencia de las placas.

Una vez obtenida la energía, se procede al cálculo de la energía capaz de producir toda la instalación fotovoltaica con la siguiente expresión:

$$E_{\text{útil}} = E * S * \eta_{\text{baterias}} * \eta_{\text{sistema}} \quad [9]$$

Donde $E_{\text{útil}}$ (kWh/día) es la energía útil que proporciona la instalación fotovoltaica, la energía que se puede usar en las instalaciones; S es la superficie total de captación (m^2), y los rendimientos de las baterías ($\eta_{\text{baterías}}$) y del sistema (η_{sistema}), es decir, todo el circuito eléctrico, inversor, regulador, etc.

Para el consumo de las bombas se procede de la siguiente manera:

Primero se debe calcular la energía diaria que necesita la bomba para suministrar el volumen de agua adecuado.

$$E_{\text{bomba}} = \rho * g * H * V * \eta_{\text{bomba}} \quad [10]$$

Donde E_{bomba} es la energía a transmitir a la bomba diariamente, ρ es la densidad del fluido, en este caso agua (kg/m^3), H es el incremento de altura que debe desplazarse el fluido (en metros) más las pérdidas durante el recorrido (se consideran de un 20% en tuberías en mal estado), V el volumen de agua necesario al día, y η_{bomba} el rendimiento de la bomba.

Teniendo en cuenta la energía producida por los captadores fotovoltaicos, expresión [8], y la energía necesaria para bombear el agua, expresión [10], se obtiene la superficie necesaria para un correcto funcionamiento del sistema de bombeo:

$$S_{\text{bombeo}} = \frac{E_{\text{bomba}}}{E * \eta_{\text{baterías}} * \eta_{\text{sistema}}} \quad [11]$$

Donde $\eta_{\text{baterías}}$ y η_{sistema} son los rendimientos de las baterías y del sistema respectivamente.

El siguiente parámetro que hay que definir es la máxima potencia (P_{max}) necesaria en un momento puntual para mantener en funcionamiento los diferentes elementos sin sobrepasar la potencia que puede suministrar el sistema.

Esta potencia máxima viene determinada por la suma de las potencias de los elementos que deben funcionar simultáneamente más un margen de seguridad.

Una vez obtenida esta potencia, es factible consultar catálogos y buscar placas fotovoltaicas que sean capaces de suministrar esta potencia.

Posteriormente se debe diseñar la posición de las placas fotovoltaicas en paralelo/serie, y el número de paneles que hacen falta para generar la energía deseada.

Sabiendo las características físicas de los paneles y teniendo en cuenta la superficie útil de cada uno (S_{panel} , m²), se conoce el número total de paneles necesarios (NT), aplicando la siguiente ecuación:

$$NT = \frac{S}{S_{panel}} \quad [12]$$

Teniendo el número de paneles (NT) se calcula la cantidad de paneles que deben ir en serie y cuantos en paralelo.

Para encontrar el número de paneles que deben ir en serie:

$$NPS = \frac{V_{nom_gen}}{V_{nom_panel}} \quad [13]$$

Donde NPS es el número de paneles que deben ir en serie; V_{nom_gen} es el voltaje nominal del generador y V_{nom_panel} es el voltaje nominal de cada panel, el cual viene dado en las especificaciones técnicas del fabricante.

El número de paneles en paralelo (NPP) del generador viene dado por la siguiente expresión:

$$NPP = \frac{NT}{NPS} \quad [14]$$

Para acabar de dimensionar el número y la distribución adecuada de los paneles se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- En caso que el número de paneles en serie tenga cifra decimal, redondear al número entero más próximo.
- En caso que el número de paralelos necesario tenga una cifra decimal, se debe redondear al número entero más próximo.
- Es importante que todas las ramas en paralelo deben tener el mismo número de paneles en serie.

5.1.3 Desarrollo de cálculo

En la siguiente figura se muestra como la irradiación solar media aprovechable en la zona del Orfanato oscila entre los 4,64 y 5,25 kWh/m² dependiendo de la inclinación de las placas fotovoltaicas.

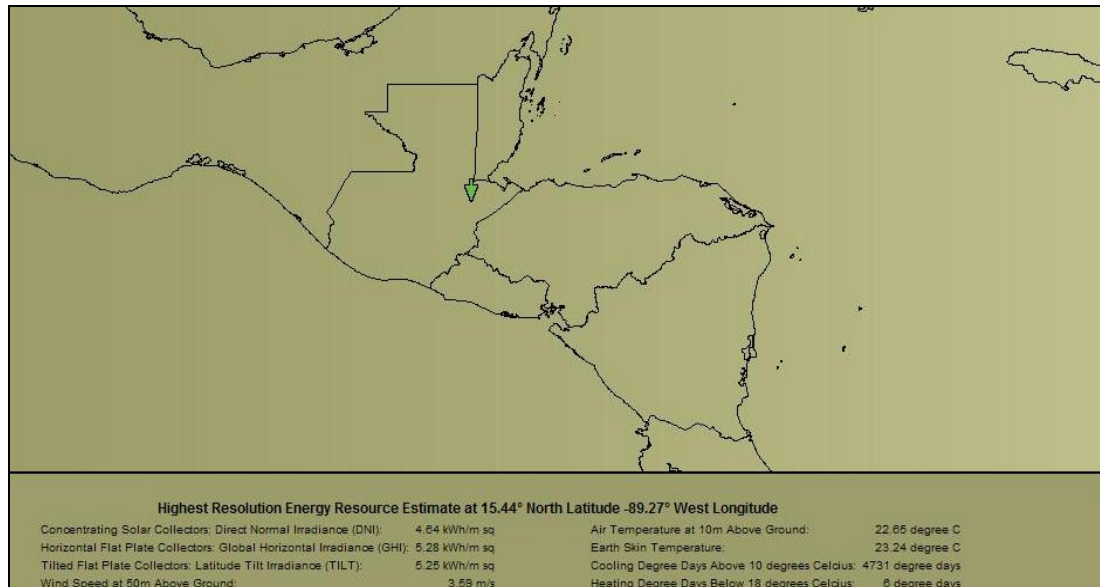


Figura 1: Irradiación media diaria por metro cuadrado de placa en Río Dulce. Fuente: http://swera.unep.net/index.php?id=swera_web_mapping

Los datos obtenidos en la empresa SWERA son los siguientes¹:

- Irradiación paneles con la dirección normal a rayos solares: 4,64kWh/m²
- Irradiación paneles colocados horizontalmente: 5,28kWh/m²
- Irradiación paneles inclinados a latitud: 5,25kWh/m²

La inclinación de los paneles fotovoltaicos, por lo tanto, será a latitud.

El hecho de que Casa Guatemala esté situada geográficamente tan cerca del Ecuador, hace que, las temperaturas máximas y mínimas anuales, oscilen pocos grados centígrados. La irradiación, de igual manera, se puede aproximar a una media diaria de 5,25 kWh/m² (valor más desfavorable encontrado anteriormente).

¹ Todos los valores son en base día

La eficiencia de las placas suele oscilar entre el 12 y el 15%. A continuación se dimensionará el área del captador solar teniendo en cuenta el valor más desfavorable. Todas las empresas de paneles solares propuestas tienen unos rendimientos aproximados del 12%.

Sustituyendo valores en la ecuación [8]:

$$E = G * f = 5,25(kWh/m^2 / dia) * 0,12 = 0,63kWh/m^2 / dia$$

Para obtener la superficie necesaria de captación y la energía generada en cada caso, considerando un rendimiento en las baterías del 85% (valor medio) y en el sistema del 80%, mediante la expresión [9]:

Superficie de captación	Energía útil generada (kWh/día)	% Consumo actual	% Consumo Mejora I	% Consumo Mejora II
25	10,7	44,6	20,4	20,6
30	12,9	53,6	24,4	24,7
40	17,1	71,4	32,6	33,0
50	21,4	89,3	40,7	41,2
60	25,7	107,1	48,9	49,4
70	30,0	125,0	57,0	57,7
80	34,3	142,8	65,2	65,9
90	38,6	160,7	73,3	74,1
100	42,8	178,5	81,4	82,4
120	51,4	214,2	97,7	98,9
140	60,0	249,9	114,0	115,3
160	68,5	285,6	130,3	131,8

Tabla 1. Energía generada por la instalación fotovoltaica en función de la superficie de captadores solares

Con los resultados obtenidos anteriormente, se estiman 56m² necesarios para el consumo actual, 123m² para poder abarcar el consumo calculado en la primera mejora propuesta, y 121m² teniendo en cuenta la segunda mejora propuesta. Sin embargo, se procederá al cálculo teniendo en cuenta todas las superficies planteadas, de tal manera que se pueda evaluar la utilidad y funcionamiento de cualquier donación por pequeña que sea.

A continuación se calcula la P_{max} necesaria en las placas fotovoltaicas²:

² Información sobre potencias detallada en anexos 1 y 2

	Situación actual (W)	Escenario 1 (W)	Escenario 2 (W)
Iluminación interior	3140	12760	11040
Iluminación exterior	875	1200	1200
Tomas de corriente	2000	2200	2200
Bomba del pozo	1500	1500	1500
Bomba del río	1100	1100	1100
Total	8615	18760	17040

Tabla 2. Potencia necesaria en casa Guatemala

Sobre el total, se aproxima a un 70% la potencia máxima necesaria teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- En caso que las bombas necesiten su potencia máxima, la escuela y otros edificios como el comedor o la clínica no necesitaran energía ya que los niños y voluntarios estarán en los baños, por lo que prácticamente un 30% de la instalación no estará en uso.
- En caso que las luminarias de la escuela necesiten toda la potencia; no será necesaria la potencia de las luminarias de las casas ni la potencia del bombeo, por lo que un 30% de la instalación tampoco estará en uso.

Por tanto los resultados son los siguientes, expresados en Wattios:

	Situación actual	Mejora I	Mejora II
Potencia máxima (W)	6030	13132	11928

Tabla 3: Potencia pico necesaria en las placas fotovoltaicas

Con las potencias obtenidas en la tabla 3 y las superficies necesarias obtenidas en la tabla 1, se procede al cálculo de número de placas teniendo en cuentas las características técnicas de cada fabricante. A continuación se procede al cálculo teniendo en cuenta tres fabricantes distintos. En negrita aparecen las áreas de placas necesarias para abastecer con toda la demanda en cada una de las tres situaciones, aunque el escenario 1 y el escenario 2 son muy similares:

La empresa Juncoop proporciona paneles fotovoltaicos con las siguientes características:

Potencia Max.	180W
Tolerancia	+/-3%
Corriente de Máxima Potencia (A)	5,11A
Tensión de Máxima Potencia (V)	35,25V
Corriente de Cortocircuito (A)	5,52A
Tensión de Circuito Abierto (V)	43,5V
TONC (°C)	48°C +/-2
Tensión Máxima del Sistema (V)	1000V
Temperatura Trabajo	-40°C a +85°C
Certificados	CE, IEC61215, TUV Class II
Garantía	2 años sobre defectos de fabricación. 90% rendimiento hasta 12 años y 80% hasta 25 años.
Dimensiones (mm)	1580x808x35mm
Peso (Kg)	15kg

Figura 2: Características técnicas de placas solares Juncoop³

- Superficie panel (m²): 1,28
- Voltaje nominal panel (V): 12
- Potencia pico (W): 180

Con estas características técnicas, los datos obtenidos son los siguientes:

Área captador	Área panel	Nº de paneles	V nominal Generador	V nominal panel	Paneles serie	Paneles serie reales	Paneles paralelo	Número paralelos reales
25,0	1,277	19,583	110,000	12,000	9,167	9	2,136	2
30,0	1,277	23,499	110,000	12,000	9,167	9	2,564	3
40,0	1,277	31,332	110,000	12,000	9,167	9	3,418	3
50,0	1,277	39,165	110,000	12,000	9,167	9	4,273	4
60,0	1,277	46,998	110,000	12,000	9,167	9	5,127	5
70,0	1,277	54,831	110,000	12,000	9,167	9	5,982	6
80,0	1,277	62,664	110,000	12,000	9,167	9	6,836	7
90,0	1,277	70,498	110,000	12,000	9,167	9	7,691	8
100,0	1,277	78,331	110,000	12,000	9,167	9	8,545	9
120,0	1,277	93,997	110,000	12,000	9,167	9	10,254	10
140,0	1,277	109,663	110,000	12,000	9,167	9	11,963	12
160,0	1,277	125,329	110,000	12,000	9,167	9	13,672	14

Tabla 4: Número de placas necesario y distribución en serie/paralelo según Juncoop

³ Catálogo: <http://www.juncoop.com/htm/mainhelp.htm>

Se comprueba como la potencia pico de cada panel es suficiente para suministrar la energía necesaria en cualquiera de los tres escenarios:

- Escenario 1: 40 placas, 6300W, superior a los 6030W.
- Escenario 2: 90 placas, 16200W, superior a los 13132W.
- Escenario 3: 90 placas, 16200W, superior a los 11928W.

Mitsubishi proporciona paneles fotovoltaicos con las siguientes características:

Potencia Wp		5	20	50	100	*125	*130	*165
Físicas	Altura (mm)	270	524	1310	1310	1248	1248	1580
	Anchura (mm)	270	325	340	654	803	803	800
	Espesor (mm)	20	34	39,5	39,5	46	46	46
	Peso (Kg)	0,8	2,35	5,5	11,5	12,5	12,5	15,5
	Células en serie/paralelo	32 1/8	36/1	36/1	36/2	40/1	40/1	50/1
	TONC (800W/m ² - 1,5MA) (°C)	40	43	47	47	47	47	47
Eléctricas	Corriente de cortocircuito (A _{sc})	0,41	1,36	3,27	6,54	7,27	7,39	7,36
	Tensión de circuito abierto (V _{oc})	19,2	20,5	21,6	21,6	24	24,2	30,4
	Corriente de MÁX. potencia (A _{max})	0,32	1,21	2,87	5,74	6,63	6,79	6,83
	Tensión de máxima potencia (V _{max})	15,5	16,5	17,4	17,4	18,8	19,2	24,2

Figura 3: Características técnicas de placas solares Mitsubishi⁴

- Superficie panel (m²): 0,86
- Voltaje nominal panel (V): 12
- Potencia pico (W): 100

Área captador	Área panel	Nº paneles	V nominal Generador	V nominal panel	Paneles serie	Paneles serie reales	Paneles paralelo	Número paralelos reales
40,0	0,860	46,512	110,000	12,000	9,167	9	5,074	5
50,0	0,860	58,140	110,000	12,000	9,167	9	6,342	6
60,0	0,860	69,767	110,000	12,000	9,167	9	7,611	8
70,0	0,860	81,395	110,000	12,000	9,167	9	8,879	9
80,0	0,860	93,023	110,000	12,000	9,167	9	10,148	10
90,0	0,860	104,651	110,000	12,000	9,167	9	11,416	11
100,0	0,860	116,279	110,000	12,000	9,167	9	12,685	13
120,0	0,860	139,535	110,000	12,000	9,167	9	15,222	15
140,0	0,860	162,791	110,000	12,000	9,167	9	17,759	18

Tabla 5: Número de placas necesario y distribución en serie/paralelo según Mitsubishi

⁴ <http://www.mitsubishisolar.com/catalogo2004.pdf>

En la tabla 5 se observan los resultados obtenidos en el caso que las placas fueran de la empresa Mitsubishi, y se comprueba como la potencia pico de cada panel (100W) es suficiente para suministrar la potencia necesaria en los tres posibles escenarios:

- Escenario 1: 63 placas, 6300W, superior a los 6030W.
- Escenario 2: 135placas, 13500W, superior a los 13132W necesarios.
- Escenario 3: 135placas, 13500W, superior a los 11928W necesarios.

El último fabricante es SUNPOWER, el cual proporciona paneles fotovoltaicos con las siguientes características:

Potencia nominal (+/-3%)	P _{nom}	220 W
Voltaje en el punto de máxima potencia	V _{mp}	41,0 V
Corriente en el punto de máxima potencia	I _{mp}	5,37 A
Voltaje de circuito abierto	V _{oc}	48,6 V
Corriente de cortocircuito	I _{sc}	5,75 A
Voltaje máximo del sistema	IEC	1000 V
Coeficientes de temperatura:		
	Potencia	-0,38%/K
	Voltaje [V _{oc}]	-132,5 m V/K
	Corriente [I _{sc}]	3,5 m A/K
Corriente nominal de fusibles en serie		15 A

Figura 4: Características técnicas de placas solares SUNPOWER⁵

- Superficie panel (m²): 1,24
- Voltaje nominal panel (V): 12
- Potencia pico (W): 220

Área captador	Área panel	Nº de paneles	V nominal Generador	V nominal panel	Paneles serie	Paneles serie reales	Paneles paralelo	Número paralelos reales
40,0	1,244	32,152	110,000	12,000	9,167	9	3,508	4
50,0	1,244	40,190	110,000	12,000	9,167	9	4,384	4
60,0	1,244	48,228	110,000	12,000	9,167	9	5,261	5
70,0	1,244	56,266	110,000	12,000	9,167	9	6,138	6
80,0	1,244	64,304	110,000	12,000	9,167	9	7,015	7
100,0	1,244	80,381	110,000	12,000	9,167	9	8,769	9
120,0	1,244	96,457	110,000	12,000	9,167	9	10,523	11
140,0	1,244	112,533	110,000	12,000	9,167	9	12,276	12
160,0	1,244	128,609	110,000	12,000	9,167	9	14,030	14

Tabla 6: Número de placas necesario y distribución en serie/paralelo según SUNPOWER

⁵ Catálogo: http://www.dahlmann-solar.de/datenblatt-es/SunPower_SPR-220.pdf

En la tabla 6 se observan los resultados obtenidos en el caso que las placas se obtengan en la empresa SUNPOWER.

Se comprueba como la potencia pico de cada panel (220W) es suficiente para suministrar la energía necesaria en los tres escenarios propuestos:

- Escenario 1: 36 placas, 7900W, superior a los 6030W.
- Escenario 2: 99placas, 21780W, superior a los 13132W necesarios.
- Escenario 3: 99placas, 21780W, superior a los 11928W necesarios.

Las tres empresas cumplen las especificaciones básicas del proyecto, ya que necesitan una extensión de terreno inferior al disponible, y son capaces de suministrar la energía necesaria en el momento que la demanda sea máxima.

NOTA: en la instalación fotovoltaica que se está diseñando, toda electricidad de uso debe circular por el acumulador, por lo que no hay circuito directo entre el sistema de generación y la carga. Por este motivo, se puede omitir la instalación en serie, ya que no es necesario aumentar la tensión, e instalar todas las placas en paralelo. En caso de optar por hacer conexión directa generador-carga, de deberán disponer las distintas placas en serie o en paralelo como se ha justificado anteriormente, con el objetivo de lograr la tensión deseada en las placas instalando un convertidor CC/CA que transforme la energía y tan solo deba aumentar su voltaje de 110V a los 220V que se necesitarán en los puntos de consumo de la instalación renovada. En caso de no renovar la instalación, el inversor únicamente debe convertir la corriente CC/CA, sin aumentar la tensión, ya que actualmente los equipos y los puntos de luz que hay en el orfanato funcionan a 110V CA.

5.2 Capacidad de las baterías

5.2.1 Localización en otros documentos

Memoria: Capítulo 12.3

Otros anexos: -

5.2.2 Metodología de cálculo

La energía necesaria para almacenar en las baterías se calcula a partir del consumo diario (Wh/día):

$$C_n = \frac{\text{Consumo}_{\text{diario}}}{\eta_{\text{baterías}} * \eta_{\text{sistema}}} \quad [15]$$

Teniendo en cuenta los rendimientos de todo el sistema, y de las baterías.

A continuación se calcula la capacidad necesaria en las baterías (Ah) con la siguiente expresión:

$$C = \frac{C_n * N}{V * p_d} \quad [16]$$

Siendo N el número de días de autonomía de la instalación, V el voltaje de las baterías, y p_d la profundidad de descarga del sistema.

Por último se debe calcular el número de baterías que hace falta instalar. El número de baterías en paralelo va en función de la capacidad necesaria y de la capacidad que ofrece cada batería por separado.

$$N^{\circ} \text{baterías}_{\text{paralelo}} = \frac{C}{c} \quad [17]$$

Siendo c la capacidad de cada batería en Ah.

Para obtener las baterías necesarias en serie es necesario aplicar la expresión siguiente:

$$N^{\circ} \text{baterías}_{\text{serie}} = \frac{V_{\text{necesario}}}{v_{\text{batería}}} \quad [20]$$

5.2.3 Desarrollo de cálculo

Para el cálculo del número de baterías que debe tener la instalación fotovoltaica, se tratará por separado cada tipo de consumo, de tal manera que se dimensionará el acumulador en función de:

- a. Consumo de la bomba de río y de la bomba de pozo
- b. Consumos eléctricos en iluminación interior y exterior
- c. Consumos en tomas de corriente

Para cada tipo de consumo, se dimensionará el acumulador tomando como referencia la situación actual, y posteriormente teniendo en cuenta la situación propuesta en las mejoras.

Todos los cálculos se harán con dos tipos de baterías, las actuales, y otras que proporciona la empresa Ecoesfera.

a. Consumo de la bomba de río y de la bomba de pozo

Primero se procede al cálculo en el caso de usar las baterías actuales y teniendo en cuenta el consumo energético actual en las bombas⁶:

Bomba	Río			Bomba	Pozo		
Consumo [Wh/día]	2920,0			Consumo [Wh/día]	8250,0		
Rendimiento batería	0,9			Rendimiento batería	0,9		
Rendimiento sistema	0,8			Rendimiento sistema	0,8		
Cn [Wh/día]	4294,1			Cn [Wh/día]	12132,4		
Voltaje [V]	6,0			Voltaje [V]	6,0		
Prof. descarga	0,9			Prof. descarga	0,9		
Días autonomía	1	2	3	Días autonomía	1	2	3
Capacidad necesaria [C,AH]	795,2	1590,4	2385,6	Capacidad necesaria [C,AH]	2246,7	4493,5	6740,2
Capacidad cada batería [c,Ah]	220,0	220,0	220,0	Capacidad cada batería [c,Ah]	220,0	220,0	220,0
Nº teórico baterías paralelo	3,6	7,2	10,8	Nº baterías paralelo	10,2	20,4	30,6
Nº real baterías paralelo ⁷	4	7	11	Nº baterías paralelo	10	21	31

Tabla 7. Baterías Trojan necesarias en función de días de autonomía para consumo actual en bombas

De manera análoga, se procede al cálculo del número de baterías teniendo en cuenta el consumo energético obtenido en el escenario 1:

Bomba	Río		Bomba	Pozo	
Consumo [Wh/día]	2370,0		Consumo [Wh/día]	11250,0	
Rendimiento batería	0,9		Rendimiento batería	0,9	
Rendimiento sistema	0,8		Rendimiento sistema	0,8	
Cn [Wh/día]	3485,3		Cn [Wh/día]	16544,1	
Voltaje [V]	6,0		Voltaje [V]	6,0	

⁶ Características técnicas de las baterías Trojan en página 18 del anexo 1

⁷ No es necesario instalar baterías en serie ya que el voltaje de salida lo tratará el inversor

Prof. descarga	0,9			Prof. descarga	0,9		
Días autonomía	1	2	3	Días autonomía	1	2	3
Capacidad necesaria [C,Ah]	645,4	1290,8	1936,3	Capacidad necesaria [C]	3063,7	6127,5	9191,2
Capacidad cada batería [c,Ah]	220,0	220,0	220,0	Capacidad cada batería [c,Ah]	220,0	220,0	220,0
Número teórico de baterías en paralelo	2,9	5,9	8,8	Número de baterías en paralelo	13,9	27,9	41,8
Número real de baterías en paralelo	3	6	9	Número de baterías en paralelo	14	28	42

Tabla 8. Baterías Trojan necesarias en función de días de autonomía con consumo futuro en bombas

En las tablas 7 y 8, se observa como el número de baterías necesarias en paralelo oscila entre las 14 (teniendo en cuenta el consumo actual, y con un día de autonomía) y las 51 (teniendo en cuenta el consumo en la mejora propuesta y con tres días de autonomía). Actualmente hay 16 baterías de este tipo instaladas.

A continuación se procede al mismo cálculo considerando la sustitución de las baterías actuales por otras de la marca Ecoesfera, baterías estacionarias cuyas características técnicas son las siguientes:

- Capacidad de cada batería (c): 2500Ah a C120
- Voltaje de cada batería (V): 2V
- Profundidad de descarga (p_d): 0,9
- Peso: 114kg
- Dimensiones: 215x277x845mm
- Rendimiento: 90%

Se ha elegido este tipo porque es inviable la instalación de un número muy elevado de baterías, por lo que es necesario el uso de unas con capacidad individual muy elevada.

Los resultados obtenidos en función del consumo son los siguientes:

Bomba	Río			Bomba	Pozo		
Consumo [Wh/día]	2920,0			Consumo [Wh/día]	8250,0		
Rendimiento batería	0,9			Rendimiento batería	0,9		
Rendimiento sistema	0,8			Rendimiento sistema	0,8		
Cn [Wh/día]	4055,6			Cn [Wh/día]	11458,3		
Voltaje [V]	2			Voltaje [V]	2		
Prof. descarga	0,9			Prof. descarga	0,9		
Días autonomía	1	2	3	Días autonomía	1	2	3
Capacidad necesaria [C]	375,5	751,0	1126,5	Capacidad necesaria [C]	1061,0	2121,9	3182,9
Capacidad cada batería [c]	2500,0	2500,0	2500,0	Capacidad cada batería [c]	2500,0	2500,0	2500,0
Número teórico de baterías en paralelo	0,9	1,8	2,7	Número teórico de baterías en paralelo	2,5	5,1	7,6
Número real de baterías en paralelo	1	2	3	Número real de baterías en paralelo	3	5	8

Tabla 9. Baterías Ecoesfera necesarias con consumo energético actual en las bombas

En el caso de instalar baterías para suministrar la energía necesaria en la actualidad, harían falta entre 4 y 11 baterías en paralelo, dependiendo de los días de autonomía de la instalación.

Si el consumo energético es el calculado tras la mejora propuesta, los resultados son los siguientes:

Bomba	Río			Bomba	Pozo		
Consumo [Wh/día]	2370,0			Consumo [Wh/día]	11250,0		
Rendimiento batería	0,9			Rendimiento batería	0,9		
Rendimiento sistema	0,8			Rendimiento sistema	0,8		
Cn [Wh/día]	3291,7			Cn [Wh/día]	15625,0		
Voltaje [V]	2			Voltaje [V]	2		
Prof. descarga	0,9			Prof. descarga	0,9		
Días autonomía	1	2	3	Días autonomía	1	2	3
Capacidad necesaria [C]	304,8	609,6	914,4	Capacidad necesaria [C]	1446,8	2893,5	4340,3
Capacidad cada batería [c]	2500,0	2500,0	2500,0	Capacidad cada batería [c]	2500,0	2500,0	2500,0
Nº teórico baterías paralelo	0,7	1,5	2,2	Nº teórico baterías paralelo	3,5	6,9	10,4
Número real baterías paralelo	1	2	2	Número real baterías paralelo	4	7	10

Tabla 10. Baterías Ecoesfera necesarias con consumo energético propuesto en las bombas

Es necesario instalar entre 5 y 12 baterías para dar la energía necesaria según la mejora propuesta, en función de los días de autonomía de la instalación.

b. Consumos eléctricos en iluminación interior y exterior

A continuación, se procede al cálculo de las baterías necesarias, en función de los días de autonomía de la instalación, para poder iluminar el interior y exterior de los edificios⁸.

Teniendo en cuenta las prestaciones que ofrecen las baterías actuales, las baterías necesarias son las siguientes:

Iluminación	Interior			Iluminación	Exterior		
Consumo [Wh/día]	6410,0			Consumo [Wh/día]	3060,0		
Rendimiento batería	0,9			Rendimiento batería	0,9		
Rendimiento sistema	0,8			Rendimiento sistema	0,8		
Cn [Wh/día]	9426,5			Cn [Wh/día]	4500,0		
Voltaje [V]	6,0			Voltaje [V]	6,0		
Prof. descarga	0,9			Prof. descarga	0,9		
Días autonomía	1	2	3	Días autonomía	1	2	3
Capacidad necesaria [C]	1745,6	3491,3	5236,9	Capacidad necesaria [C]	833,3	1666,7	2500,0
Capacidad cada batería [c]	220,0	220,0	220,0	Capacidad cada batería [c]	220,0	220,0	220,0
Número teórico de baterías en paralelo	7,9	15,9	23,8	Número teórico de baterías en paralelo	3,8	7,6	11,4
Número real de baterías en paralelo	8	16	24	Número real de baterías en paralelo	4	8	11

Tabla 11. Baterías Trojan necesarias con consumo actual en luminosidad

Iluminación	Interior			Iluminación	Exterior		
Consumo [Wh/día]	28000,0			Consumo [Wh/día]	6000,0		
Rendimiento batería	0,9			Rendimiento batería	0,9		
Rendimiento sistema	0,8			Rendimiento sistema	0,8		
Cn [Wh/día]	41176,5			Cn [Wh/día]	8823,5		
Voltaje [V]	6,0			Voltaje [V]	6,0		
Prof. descarga	0,9			Prof. descarga	0,9		
Días autonomía	1	2	3	Días autonomía	1	2	3
Capacidad necesaria [C]	7625,3	15250,5	22875,8	Capacidad necesaria [C]	1634,0	3268,0	4902,0

⁸ Sólo se dimensionará para una de las dos mejoras propuestas, puesto que ambas tienen consumos similares

Capacidad cada batería [c]	220,0	220,0	220,0	Capacidad cada batería [c]	220,0	220,0	220,0
Número teórico de baterías en paralelo	34,7	69,3	104,0	Número teórico de baterías en paralelo	7,4	14,9	22,3
Número real de baterías en paralelo	35	69	104	Número real de baterías en paralelo	7	15	22

Tabla 12. Baterías Trojan necesarias para el consumo propuesto en luminosidad

Usando las baterías Trojan, y teniendo en cuenta un único día de autonomía, serían necesarias 42 baterías para almacenar toda la energía necesaria para iluminar los edificios y los puntos de luz exteriores. Esta cantidad es muy elevada ya que las baterías Trojan tienen una capacidad relativamente baja (220 Ah), por lo que se debería proceder a la instalación de baterías nuevas.

Para el elevado consumo energético presente en la iluminación interior y exterior se necesitan baterías con una gran capacidad sin elevar excesivamente el coste global de la instalación. Para ello se considera que las baterías estacionarias Ecoesfera⁹ son las idóneas.

Iluminación	Interior			Iluminación	Exterior		
Consumo [Wh/día]	6410,0			Consumo [Wh/día]	3060,0		
Rendimiento batería	0,9			Rendimiento batería	0,9		
Rendimiento sistema	0,8			Rendimiento sistema	0,8		
Cn [Wh/día]	8902,8			Cn [Wh/día]	4250,0		
Voltaje [V]	2,0			Voltaje [V]	2,0		
Prof. descarga	0,9			Prof. descarga	0,9		
Días autonomía	1	2	3	Días autonomía	1	2	3
Capacidad necesaria [C]	4946,0	9892,0	14838,0	Capacidad necesaria [C]	2361,1	4722,2	7083,3
Capacidad cada batería [c]	2500,0	2500,0	2500,0	Capacidad cada batería [c]	2500,0	2500,0	2500,0
Número teórico de baterías en paralelo	2,0	4,0	5,9	Número teórico de baterías en paralelo	0,9	1,9	2,8
Número real de baterías en paralelo	2	4	6	Número real de baterías en paralelo	1	2	3

Tabla 13. Baterías Ecoesfera necesarias para el consumo actual destinado a la luminosidad

⁹ Características técnicas en la página 23 de este mismo anexo

Iluminación	Interior			Iluminación	Exterior		
Consumo [Wh/día]	28000,0			Consumo [Wh/día]	6000,0		
Rendimiento batería	0,9			Rendimiento batería	0,9		
Rendimiento sistema	0,8			Rendimiento sistema	0,8		
Cn [Wh/día]	38888,9			Cn [Wh/día]	8333,3		
Voltaje [V]	2,0			Voltaje [V]	2,0		
Prof. descarga	0,9			Prof. descarga	0,9		
Días autonomía	1	2	3	Días autonomía	1	2	3
Capacidad necesaria [C]	21604,9	43209,9	64814,8	Capacidad necesaria [C]	4629,6	9259,3	13888,9
Capacidad cada batería [c]	2500,0	2500,0	2500,0	Capacidad cada batería [c]	2500,0	2500,0	2500,0
Número teórico baterías paralelo	8,6	17,3	25,9	Número teórico baterías paralelo	1,9	3,7	5,6
Número real baterías paralelo	9	17	26	Número real baterías paralelo	2	4	6

Tabla 14. Baterías Ecoesfera necesarias para el consumo futuro destinado a la luminosidad

Con las baterías Ecoesfera, o con cualquier otra con características técnicas similares, sería suficiente con obtener un acumulador formado por 11 baterías en paralelo para disponer de un día de autonomía. En el caso más desfavorable, harían falta 32 baterías para disponer de tres días de autonomía.

c. Consumos en tomas de corriente

Por último, se debe dimensionar el acumulador para la energía necesaria en las tomas de corriente.

En la siguiente tabla se calcula el número de baterías necesarias, en el caso de usar las Trojan que hay actualmente.

Escenario	Actual			Escenario	Mejora propuesta		
Consumo [Wh/día]	3360,0			Consumo [Wh/día]	4430,0		
Rendimiento batería	0,9			Rendimiento batería	0,9		
Rendimiento sistema	0,8			Rendimiento sistema	0,8		
Cn [Wh/día]	4941,2			Cn [Wh/día]	6514,7		
Voltaje [V]	6,0			Voltaje [V]	6,0		
Prof. descarga	0,9			Prof. descarga	0,9		
Días autonomía	1	2	3	Días autonomía	1	2	3
Capacidad necesaria [C]	915,0	1830,1	2745,1	Capacidad necesaria [C]	1206,4	2412,9	3619,3
Capacidad cada batería [c]	220,0	220,0	220,0	Capacidad cada batería [c]	220,0	220,0	220,0
Número teórico baterías paralelo	4,2	8,3	12,5	Número teórico baterías paralelo	5,5	11,0	16,5
Número real baterías paralelo	4	8	13	Número real baterías paralelo	6	11	17

Tabla 15. Baterías Trojan necesarias para el consumo en tomas de corriente

Repitiendo el cálculo con las baterías Ecoesfera¹⁰:

Escenario	Actual			Escenario	Mejora propuesta		
Consumo [Wh/día]	3360,0			Consumo [Wh/día]	4430,0		
Rendimiento batería	0,9			Rendimiento batería	0,9		
Rendimiento sistema	0,8			Rendimiento sistema	0,8		
Cn [Wh/día]	4666,7			Cn [Wh/día]	6152,8		
Voltaje [V]	2,0			Voltaje [V]	2,0		
Prof. descarga	0,9			Prof. descarga	0,9		
Días autonomía	1	2	3	Días autonomía	1	2	3
Capacidad necesaria [C]	2592,6	5185,2	7777,8	Capacidad necesaria [C]	3418,2	6836,4	10254,6
Capacidad cada batería [c]	2500,0	2500,0	2500,0	Capacidad cada batería [c]	2500,0	2500,0	2500,0
Número teórico de baterías en paralelo	1,0	2,1	3,1	Número teórico de baterías en paralelo	1,4	2,7	4,1
Número real de baterías en paralelo	1	2	3	Número real de baterías en paralelo	1	3	4

Tabla 15. Baterías Ecoesfera necesarias para el consumo en tomas de corriente

En las tomas de corriente es necesario tener entre 10 y 30 baterías Trojan, o bien optar por sustituir el acumulador actual por otro formado por baterías Ecoesfera. Serían necesarias dos baterías para disponer de un día de autonomía, y siete para disponer de tres días.

5.2.4 Breve resumen

Por último, a modo de resumen, la siguiente tabla muestra el número de baterías necesarias para cada caso, ya sea usando las baterías Trojan y ampliando la cantidad actual; o bien sustituyéndolas por las baterías Ecoesfera.

	Baterías Trojan						Baterías Ecoesfera					
	Consumo Actual			Consumo Futuro			Consumo actual			Consumo Futuro		
Días autonomía	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Iluminación interior	8	16	24	35	69	104	2	4	6	9	17	26
Iluminación exterior	4	8	11	7	15	22	1	2	3	2	4	6
Tomas de corriente	4	8	13	6	11	17	1	2	3	1	3	4
Bomba del Río	4	7	11	3	6	9	1	2	3	1	2	2
Bomba del Pozo	10	21	31	14	28	42	3	5	8	4	7	10
Total	30	60	90	65	129	194	8	15	23	17	33	48

Tabla 16. Resumen del número de baterías necesarias

¹⁰ Características técnicas en la página 23 de este mismo anexo

En función del precio de mercado será más conveniente ampliar el número de baterías actuales, o bien sustituirlas por las baterías Ecoesfera nuevas.

Teniendo en cuenta la irradiación prácticamente diaria en Casa Guatemala, con un día de autonomía de la instalación debe ser suficiente, aunque lo óptimo es dimensionar el acumulador partiendo de dos días de autonomía.

De esta manera, es necesario instalar 125 baterías Trojan en paralelo, teniendo en cuenta las cuatro ya instaladas.

En cambio, sustituyendo las baterías actuales por las baterías Ecoesfera, sería suficiente con instalar 23 baterías en paralelo para suministrar la energía necesaria en toda Casa Guatemala con las mejoras propuestas.¹¹

Teniendo en cuenta las dimensiones de la sala de hormigón de carpintería, lugar en el que se debe instalar el acumulador, y las dimensiones de cada batería, se verifica que es posible instalar 23 baterías y sus correspondientes conexiones en su interior.

¹¹ Mejoras explicadas detalladamente en el anexo 2

6 Dimensionado de las líneas

6.1 Localización en otros documentos

Memoria: Capítulo 13

Otros anexos: -

6.2 Metodología de cálculo

Para dimensionar todas las líneas que transportan la energía de un punto a otro de la instalación se sigue el mismo proceso de cálculo. El cálculo está basado en la metodología del Reglamento de Baja Tensión (RBT) español, adaptado al caso particular de la Ciudad de los Niños.

En primer lugar se debe calcular la potencia máxima que se permitirá pasar por la línea. Esta potencia será inferior a la potencia total. No es necesario dimensionar la línea para tal valor, puesto que nunca se demandará simultáneamente todas las luces, todas las tomas de corriente, y las bombas del río y del pozo. La potencia pico sigue esta expresión:

$$P_p = P_i \cdot f \quad [21]$$

Donde P_i es la potencia instalada a final de cada línea, y f el factor de simultaneidad.

Las potencias instaladas son los datos de los equipos anotados durante la visita al orfanato.

El factor de simultaneidad para las líneas de uso (edificios) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{P_{ii} + 0,8P_{it}}{P_t} \quad [22]$$

Se asume que, como máximo, se utilizará simultáneamente el 100% de la potencia instalada en iluminación (P_{ii}), y el 80% de la potencia instalada en tomas de corriente (P_{it}). Este factor hace que la potencia pico (P_p) sea inferior a la potencia máxima instalada.

El factor de simultaneidad para las líneas destinadas a bombeo de agua e iluminación exterior es 1, por lo que la potencia pico coincide con el valor de la potencia instalada, es decir, la línea debe transportar la potencia máxima.

Sabiendo el valor de la potencia pico de cada línea, se procede al cálculo de la intensidad nominal que deben transportar.

- Para líneas monofásicas:

$$I = \frac{P_p}{V} \quad [23]$$

- Para líneas trifásicas:

$$I = \frac{P_p}{\sqrt{3} \bullet V} \quad [24]$$

En ambos casos, V es el voltaje de la línea

6.3 Desarrollo de cálculos

Con el uso de las fórmulas expuestas anteriormente, se obtiene el valor de la intensidad nominal que debe circular por cada cable. A continuación se muestran estos datos teniendo en cuenta la potencia instalada en Casa Guatemala en la actualidad:

Línea	Tipo	Longitud (m)	P _i ¹² (W)	P _{ii} (W)	P _{it} (W)	f	P _p (W)	Int. Nominal (A)
LG ¹³	Trifásica	<10	-	-	-	-	17500	33
LP	Continua	100	-	-	-	-	7200	65,5
LB	Trifásica	<10	-	-	-	-	7200	12
L1	Monofásica	115	905	235	670	0,85	771	7,0
L2	Monofásica	80	485	335	150	0,94	455	4,1
L3	Monofásica	110	300	300	0	1	300	2,7
L4	Monofásica	135	400	280	120	0,94	376	3,4

¹² Esta columna hace referencia a la potencia total instalada al final de cada línea, teniendo en cuenta un uso de las tomas de corriente de un 80%.

¹³ Se dimensiona una línea para el generador, en caso que se quiera o se necesite seguir usando en la nueva instalación.

Línea	Tipo	Longitud (m)	P _i ¹⁴ (W)	P _{ii} (W)	P _{it} (W)	f	P _p (W)	Int. Nominal (A)
L5	Monofásica	80	545	465	80	0,97	529	4,8
L6	Monofásica	65	630	500	130	0,96	604	5,5
L7	Monofásica	50	60	60	0	1	60	0,5
L8	Monofásica	<10	475	75	400	0,83	395	3,6
L9	Monofásica	95	150	80	70	0,91	136	1,2
L10	Monofásica	90	810	810	0	1	810	7,4
LF	Monofásica	510	875	875	-	1	875	8,0
LBR	Trifásica	100	1100	1100	-	1	1100	5,8
LBP	Trifásica	<10	1500	1500	-	1	1500	13,2

Tabla 17. Intensidad nominal necesaria en la instalación de distribución con potencias actuales

Para determinar las longitudes, se ha tenido en cuenta la centralización en el cuadro general ubicado en carpintería.

Todas las longitudes están tomadas desde el plano topográfico 00.01, y sobredimensionadas un 25% a falta de elaborar un recorrido concreto para cada línea eléctrica, ya que la presencia de desniveles, árboles, caminos de hormigón o edificios puede hacer aumentar la distancia de las líneas.

Pese a que la energía obtenida en las placas fotovoltaicas es energía continua, su tratamiento es el mismo que para energía alterna. Únicamente hay que tener en cuenta que hay que transformarla a energía alterna antes de usarla, mediante un inversor.

Teniendo en cuenta los escenarios 1 y 2, los resultados varían, ya que las potencias de uso y de las farolas aumentan. Los resultados son los siguientes:

Línea	Tipo	Longitud (m)	P _i (W)	P _{ii} (W)	P _{it} (W)	f	P _p (W)	Int. Nominal (A)
LG	Trifásica	<10	-	-	-	-	17500	33
LP	Continua	100	-	-	-	-	13500	120
LB	Trifásica	<10	-	-	-	-	13500	12
L1	Monofásica	115	1645	975	670	0,92	1511	13,7
L2	Monofásica	80	785	635	150	0,96	755	6,9
L3	Monofásica	110	1500	1380	120	1	1500	13,6
L4	Monofásica	135	1400	1280	120	0,98	1376	12,5
L5	Monofásica	80	1205	1125	80	0,99	1189	10,8
L6	Monofásica	65	2380	2260	120	0,99	2356	21,4
L7	Monofásica	50	120	120	0	1	120	1,1
L8	Monofásica	<10	1555	1155	400	0,95	1475	13,4
L9	Monofásica	95	680	620	60	0,98	668	6,1

¹⁴ Esta columna hace referencia a la potencia total instalada al final de cada línea, teniendo en cuenta un uso de las tomas de corriente de un 80%.

Línea	Tipo	Longitud (m)	Pi (W)	Pii (W)	Pit (W)	f	Pp (W)	Int. Nominal (A)
L10	Monofásica	90	3110	2930	180	0,99	3074	27,9
LF	Monofásica	510	1200	1200	-	1	1200	10,9
LBR	Trifásica	100	1100	1100	-	1	1100	5,8
LBP	Trifásica	<10	1500	1500	-	1	1500	13,2

Tabla 18. Intensidad nominal necesaria en la instalación de distribución con potencias en el escenario 1

Línea	Tipo	Longitud (m)	Pi (W)	Pii (W)	Pit (W)	f	Pp (W)	Int. Nominal (A)
LG	Trifásica	<10	-	-	-	-	17500	33
LP	Continua	100	-	-	-	-	13500	120
LB	Trifásica	<10	-	-	-	-	13500	12
L1	Monofásica	115	1690	1020	670	0,92	1556	14,1
L2	Monofásica	80	670	520	150	0,96	640	5,8
L3	Monofásica	110	1600	1480	120	1	1600	14,5
L4	Monofásica	135	1400	1280	120	0,98	1376	12,5
L5	Monofásica	80	1020	940	80	0,98	1004	9,1
L6	Monofásica	65	2200	2080	120	0,99	2176	19,8
L7	Monofásica	50	80	80	0	1	80	0,7
L8	Monofásica	<10	1540	1140	400	0,95	1460	13,3
L9	Monofásica	95	660	600	60	0,98	648	5,9
L10	Monofásica	90	3120	2880	240	0,99	3072	27,9
LF	Monofásica	510	1200	1200	-	1	1200	10,9
LBR	Trifásica	100	1100	1100	-	1	1100	5,8
LBP	Trifásica	<10	1500	1500	-	1	1500	13,2

Tabla 19. Intensidad nominal necesaria en la instalación de distribución con potencias en el escenario 2

Con los datos de las intensidades nominales de todos los cables, se debe determinar la sección (mm^2) y el material adecuados para cada una de las líneas descritas con anterioridad.

Según el RBT, las secciones de los cables en función de la intensidad máxima admisible y del material del aislamiento son las siguientes:

Intensidad máxima admisible (A)						
Cobre	Cable Unipolar			Cable tripolar		
Sección (mm ²)	Aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	372	335	355	350	305

Tabla 20. Intensidad máxima admisible por líneas de cobre enterradas en función del tipo de aislamiento y sección. Fuente: Reglamento Baja Tensión

Intensidad máxima admisible (A)						
Aluminio	Cable Unipolar			Cable tripolar		
Sección (mm ²)	Aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	67	65	55	64	63	51
25	93	90	75	85	82	68
35	115	110	90	105	100	82
50	140	135	115	130	125	100
70	180	175	145	165	155	130
95	220	215	180	205	195	160
120	260	255	215	235	225	185
150	300	290	255	275	260	215
185	350	345	290	315	300	245

Tabla 21. Intensidad máxima admisible por líneas de aluminio enterradas en función del tipo de aislamiento y sección. Fuente: Reglamento Baja Tensión

Tanto para la instalación actual, como para las mejoras propuestas, los cables necesarios son los mismos, puesto que las intensidades máximas son más elevadas pero siguen dentro de márgenes establecidos para cada tipo de cable. Este aspecto es muy importante ya que, en caso de no realizar cambios en la iluminación actual, el cableado instalado se podrá aprovechar para las futuras mejoras de cada edificio, sin necesidad de renovar la instalación de distribución, lo que supone un ahorro económico y de tiempo importante.

Para las líneas de uso y de las baterías, se usarán cables de aluminio con una sección de 16mm², o cables de cobre de 6mm², independientemente del

aislamiento que lleven y del tipo (unipolar o tripolar) que sean. En el caso de querer seguir usando el generador, los cables necesarios también serán de cobre con sección de 6mm^2 , o de aluminio de 16mm^2 . Cualquier cable de los mencionados permite la circulación de las intensidades máximas calculadas. La elección de uno u otro será función del precio, o de la donación de la cual se disponga.

Para las líneas de las placas fotovoltaicas, son necesarios cables de mayor sección, ya que la intensidad máxima que deben soportar es de 65,5A en la actualidad, y de 120A en las dos mejoras propuestas. Las secciones de 6mm^2 de cobre y de 16mm^2 de aluminio, sobrepasan por poco la intensidad que circula en la actualidad, y son insuficientes para la instalación futura. Por ello, en caso de dimensionar la línea con el consumo actual, es necesario, o bien cables de cobre de 10mm^2 , independientemente del tipo de aislante y si es unipolar o tripolar, o bien cables de aluminio de 25mm^2 de sección, con cualquier aislante y tipo, salvo los tripolares de PVC, que son insuficientes. En caso de dimensionar la línea para cualquier mejora propuesta, la sección debe ser en el caso del cobre, de 25mm^2 de superficie con cualquier aislante; y en el caso del aluminio, de 50mm^2 con aislamiento de XLPE o EPR, pudiendo ser unipolar o tripolar. Una vez dimensionado, la elección de uno u otro, será función de la donación que reciba la ONG y del precio de cada uno.

Las secciones y los materiales necesarios en cada línea son los siguientes:

Línea	Longitud(m)	Potencia pico (W)	Int. Nominal (A)	Sección cable (mm^2)
LG	<10	17500	33	6(Cu) / 16(Al)
LP(actualidad)	100	7200	65,5	10(Cu) / 25(Al)
LP (escenarios 1 y 2)	100	13500	120	25(Cu) / 50(Al)
LB	<10	13500 o 7200	12	6(Cu) / 16(Al)
L1	115	1556	14,1	6(Cu) / 16(Al)
L2	80	640	5,8	6(Cu) / 16(Al)
L3	110	1600	14,5	6(Cu) / 16(Al)
L4	135	1376	12,5	6(Cu) / 16(Al)
L5	80	1004	9,1	6(Cu) / 16(Al)
L6	65	2176	19,8	6(Cu) / 16(Al)
L7	50	80	0,7	6(Cu) / 16(Al)
L8	<10	1460	13,3	6(Cu) / 16(Al)
L9	95	648	5,9	6(Cu) / 16(Al)
L10	90	3072	27,9	6(Cu) / 16(Al)
LF	510	1200	10,9	6(Cu) / 16(Al)
LBR	100	1100	5,8	6(Cu) / 16(Al)
LBP	<10	1500	13,2	6(Cu) / 16(Al)

Tabla 22. Resumen de las características de los cables necesarios en cada línea

7 Presupuesto y viabilidad económica

7.1 Localización en otros documentos

Memoria: Capítulo 15

Otros documentos: Presupuesto

7.2 Metodología de cálculo

En primer lugar se debe calcular el coste actual que hay en Casa Guatemala en combustible para el funcionamiento del generador. El coste diario se calcula con el precio del combustible en cuestión, el consumo del generador, y las horas diarias que se usa, mediante la siguiente expresión:

$$C = P_c \cdot c \cdot h \quad [25]$$

Donde C es el coste diario (€/día), P_c es el precio del litro de combustible en uso (€/l), c es el consumo del generador (l/h), i h son las horas de uso del generador en base día (h/día).

Para obtener el coste anual (€/año):

$$C_a = 365 \cdot C \quad [26]$$

Para calcular el coste por unidad de energía producida (€/kWh):

$$C_{kWh} = \frac{C_a}{E_u} \quad [27]$$

Donde C_a es el consumo energético anual (€/año), y E_u es la energía total consumida al año (kWh/año).

Calculados estos parámetros, se procede al cálculo de viabilidad del proyecto, obteniendo tres resultados para valorar si el proyecto es viable o no:

- Coste de la energía (K_a y K_{kWh})

- Ahorro de la instalación fotovoltaica frente la quema de combustible (A_a y A_{kWh})
- Payback, o plazo de recuperación (P).

Partiendo de los siguientes datos:

- Valor de la inversión (I, en €)
- Gastos de mantenimiento frente la inversión (M, en %)
- Vida útil de la instalación (V, en años)
- Energía generada por la instalación fotovoltaica (E_p , en kWh/año)

El primer concepto que se obtiene para valorar la viabilidad del proyecto es el coste total de la instalación.

$$K_t = I \cdot (1 + M) \quad [28]$$

$$K_a = \frac{K_t}{V} \quad [29]$$

$$K_{kWh} = \frac{K_a}{E_p} \quad [30]$$

Donde K_t es el coste total de la instalación, teniendo en cuenta la inversión inicial y el mantenimiento posterior, i K_a y K_{kWh} el coste de energía en €/año y €/kWh respectivamente.

El segundo concepto que se obtiene para valorar la viabilidad del proyecto es el ahorro que supone para Casa Guatemala el hecho de usar la instalación fotovoltaica en lugar del generador con el combustible.

$$A_a = C_a - K_a \quad [31]$$

$$A_{kWh} = C_{kWh} - K_{kWh} \quad [32]$$

En función de necesitar el ahorro en base a año o a kWh se usará la expresión [31] o [32] respectivamente.

El tercer y último concepto es el plazo de recuperación o Payback, que da como resultado los años que se necesitan para recuperar la inversión inicial, y el momento a partir del cual las ganancias de la instalación en frente al gasto de combustible son netas.

$$P = \frac{K_t}{A_a} \quad [33]$$

7.3 Proceso de cálculo

7.3.1 Coste actual de la energía

En primer lugar se calcula el coste diario (C), usando la expresión [25], y teniendo en cuenta los siguientes valores:

- El precio del gasóleo en Guatemala a fecha 06-09-2010 es de 24,32Q/galón. Teniendo en cuenta que 1 galón equivale a 3,786litros, y la equivalencia monetaria es de 1€ = Q10.514, el precio es de 0,61€/l.
- El generador está en uso una media de 6,43 horas al día.¹⁵
- El consumo del generador es de unos 12,37l/h.

El coste diario es de 48,52€, lo que equivale [ecuación 26], a 17.710€/año.

$$C_a=17.710€/año$$

En cuanto al coste por unidad de energía producida [expresión 27], se ha tomado como energía consumida actualmente 24kWh/día¹⁶.

$$C_{kWh}=2,02€/kWh$$

Por tanto, el coste actualmente del generador usado en Casa Guatemala es de:

Coste anual energía del generador	17.710€
Coste de cada kWh proveniente del generador	2,02€

Tabla 23. Costes derivados del uso del generador en la actualidad

¹⁵ Datos en página 15 del anexo 1 Toma de Datos

¹⁶ Detalles en el capítulo 11.6 de la memoria

7.3.2 Viabilidad de los proyectos

Partiendo del coste actual de la energía que proporciona el generador, se procede a los cálculos de viabilidad de los proyectos presupuestados. Las inversiones se han calculado teniendo en cuenta la reducción del coste de mano de obra debido a las particulares características de este proyecto; el hecho de ejecutarse en Guatemala, y que sea en el ámbito de la cooperación, con la ayuda de voluntarios que eso significa. No se estudia la viabilidad de proyectos independientes, como puede ser la renovación de la instalación de distribución únicamente. Tampoco se contempla la posibilidad de ampliar la instalación de uso sin antes usar la energía fotovoltaica, ya que Casa Guatemala no puede invertir más capital en la quema de combustible del generador. Por estos motivos el cálculo de viabilidad afecta únicamente a los siguientes proyectos:

- Renovación de la instalación de distribución, instalación del sistema fotovoltaico dimensionado con el consumo energético actual, e instalación del sistema pararrayos (Proyecto A).
- Ampliación de la instalación de uso según el escenario 1, renovación de la instalación de distribución, instalación del sistema fotovoltaico dimensionado con el consumo previsto en el escenario 1, e instalación del sistema pararrayos (Proyecto B).
- Ampliación de la instalación de uso según el escenario 2, renovación de la instalación de distribución, instalación del sistema fotovoltaico dimensionado con el consumo previsto en el escenario 2, e instalación del sistema pararrayos (Proyecto C).

Para la viabilidad del proyecto A se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- El coste de mantenimiento supone un 35% de la inversión inicial. Este porcentaje incluye costes de mantenimiento preventivo y correctivo de todos los equipos de la instalación, así como las posibles sustituciones de placas o baterías que se sean necesarias a lo largo de la vida útil del sistema.
- La vida útil de la instalación se aproxima a unos 25 años en Europa. En Casa Guatemala, debido a las condiciones meteorológicas desfavorables de la zona, la vida útil se reduce a unos 20 años.

- La inversión inicial es de 56.500€¹⁷, teniendo en cuenta las reducciones del coste de mano de obra en Guatemala.
- La energía generada por las 66 placas a instalar es de 8.875kWh/año.

Parámetro	Valor	Unidades
Inversión	56500	€
Coste de mantenimiento	35	%
Coste total de la instalación	76275	€
Vida útil del sistema	20	años
Energía generada	8875	kWh/año
Coste de la energía	3814	€/año
	0,43	€/kWh
Coste anual	17710	€/año
	2,02	€/kWh
Ahorro	13897	€/año
	1,59	€/kWh
Plazo de recuperación	5,5	años

Tabla 24. Viabilidad económica del Proyecto A

Para la viabilidad del proyecto B se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- El coste de mantenimiento supone un 35% de la inversión inicial.
- Vida útil de la instalación de unos 20 años.
- La inversión inicial es de 126.000€¹⁸, teniendo en cuenta las reducciones del coste de mano de obra en Guatemala.
- La energía generada por las 143 placas a instalar es de 19.230kWh/año.

¹⁷ Inversión inicial detallada en el documento Presupuesto

¹⁸ Inversión inicial detallada en el documento Presupuesto

Anexo 4. Metodología y desarrollo de cálculos

Parámetro	Valor	Unidades
Inversión	126000	€
Coste de mantenimiento	35	%
Coste total de la instalación	170100	€
Vida útil del sistema	20	años
Energía generada	19230	kWh/año
Coste de la energía	8505	€/año
	0,44	€/kWh
Coste anual	17710	€/año
	2,02	€/kWh
Ahorro	9205	€/año
	1,58	€/kWh
Plazo de recuperación	18,5	años

Tabla 25. Viabilidad económica del Proyecto B

Para la viabilidad del proyecto C se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Vida útil de la instalación de unos 20 años.
- La inversión inicial es de 127.000€¹⁹, teniendo en cuenta las reducciones del coste de mano de obra en Guatemala. El coste de mantenimiento supone un 35% de la inversión inicial.
- La energía generada por las 143 placas a instalar es de 19.230kWh/año.

Parámetro	Valor	Unidades
Inversión	127000	€
Coste de mantenimiento	35	%
Coste total de la instalación	171450	€
Vida útil del sistema	20	años
Energía generada	19230	kWh/año
Coste de la energía	8573	€/año
	0,45	€/kWh
Coste anual	17710	€/año
	2,02	€/kWh
Ahorro	9138	€/año
	1,57	€/kWh
Plazo de recuperación	18,8	años

Tabla 26. Viabilidad económica del Proyecto C

¹⁹ Inversión inicial detallada en el documento Presupuesto

A modo de resumen, el ahorro y el plazo de recuperación (Payback) de los tres proyectos es el siguiente:

Proyecto	Ahorro	Plazo de recuperación
Distribución, Fotovoltaica, Pararrayos	13.896,25€/año	5,5 años
	1,59€/kWh	
Distribución, Instalación de uso esc.1, Fotovoltaica esc.1, Pararrayos	9.205€/año	18,5 años
	1,58€/kWh	
Distribución, Instalación de uso esc.2, Fotovoltaica esc.2, Pararrayos	9.137,5€/año	18,8 años
	1,57€/kWh	

Tabla 27. Resumen de la viabilidad de cada proyecto

ANEXO 5

Mantenimiento de la instalación

Título del proyecto:

Estudio de aplicación de energía fotovoltaica en el orfanato “Ciudad de los Niños” en Guatemala

Autor:

Jordi García Llamas

Tutor:

Daniel García-Almiñana
Departamento de Proyectos

Curso 2010-2011

Índice

1 INTRODUCCIÓN	3
2 MANTENIMIENTO DEL GENERADOR	4
2.1 Mantenimiento por el usuario	4
2.2 Mantenimiento por el servicio técnico	5
3 MANTENIMIENTO DEL ACUMULADOR	9
3.1 Mantenimiento por el usuario	9
3.2 Mantenimiento por el servicio técnico	11
4 MANTENIMIENTO DEL CABLEADO	13
4.1 Mantenimiento por el usuario	13
4.2 Mantenimiento por el servicio técnico	13
5 MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD	15
5.1 Mantenimiento por el usuario	15
5.2 Mantenimiento por el servicio técnico	15
6 MANTENIMIENTO DE OTROS EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN	17
6.1 Mantenimiento por el usuario	17
6.2 Mantenimiento por el servicio técnico	18

1 Introducción

En el contexto de este proyecto, las operaciones de mantenimiento siempre son realizadas por usuarios y operarios de Casa Guatemala. Las operaciones complejas que deberían ser hechas por el servicio técnico serán realizadas por los operarios del orfanato con mayor conocimiento de la instalación, los cuales recibirán una formación previa. De ahora en adelante, a los operarios con mayor conocimiento de la instalación se les nombrará Servicio técnico, y a los usuarios u operarios habituales, usuarios de la instalación.

2 Mantenimiento del generador

El mantenimiento del generador (placas solares) es imprescindible para el correcto funcionamiento de toda la instalación, ya que de él depende la cantidad de energía que se puede generar, lo que se traduce en el consumo del usuario.

2.1 Mantenimiento por el usuario

Operación 1: Se debe comprobar visualmente el correcto funcionamiento del generador. En caso de detectar algún error, el usuario debe informar a los operarios. Esta operación debe realizarse semanalmente.

Operación 2: Limpiar la superficie de las placas del generador. Hay que limpiar la superficie de polvo, restos de suciedad, hojas o insectos. Utilizar materiales no abrasivos, trapos de algodón y agua, para evitar cualquier rayada en la superficie de cristal. En caso de no limpiarse correctamente, se puede usar un trapo humedecido en alcohol. Esta operación debe hacerse mensualmente, y de manera puntual en caso de tormentas.

Operación 3: Comprobar el estado del generador.

- Comprobar que no aparecen sombreados por crecimiento de vegetación, los cuales no se tuvieron en cuenta al dimensionar la instalación, o restos de suciedad a causa del viento.
- Comprobar que no existen daños en los módulos, en el cableado eléctrico, estructura y fijación de los paneles, etc.
- Comprobar que no se han producido nidos de insectos en las cajas de conexiones.
- Comprobar que no se aprecian daños por ataques de roedores en los conductores aéreos de los paneles a suelo.

En caso de detectarse cualquier anomalía de las expuestas, se debe comunicar al servicio de mantenimiento para aplicar las medidas correctoras pertinentes. Todas estas operaciones deben realizarse cada tres meses mínimo.

Operación 4: Comprobar el estado de la estructura que soporta los paneles fotovoltaicos.

- Hay que comprobar que los paneles están en su posición inicial y que no han sufrido movimiento alguno, ya sea por efecto del viento, el peso del agua de la lluvia o el desplazamiento de tierras.
- Comprobar la correcta fijación de los paneles a la estructura, que no estén sueltos por falta de apriete de los tornillos de sujeción o por falta de tornillos perdidos por alguna vibración.
- Comprobar a continuación que la estructura no presenta deformaciones y que no aparecen puntos de corrosión.
- Comprobar la base del soporte de la estructura, la cual no debe presentar grietas ni roturas ya que podrían provocar el desmoronamiento de toda la estructura.

Estas operaciones deben realizarse cada tres meses como mínimo.

2.2 Mantenimiento por el servicio técnico

Operación 1: Realizar una revisión general de las placas fotovoltaicas. Para garantizar un óptimo funcionamiento de la instalación se deben realizar todas las operaciones que hace habitualmente el usuario de la instalación.

- Comprobar visualmente el correcto funcionamiento del generador y de sus equipos de control
- Comprobar visualmente estado general del generador, limpiarlo, y verificar la ausencia de sombras nuevas.

Para realizar estas comprobaciones hay que utilizar agua, trapos y productos de limpieza no abrasivos.

Debe realizarse anualmente.

Operación 2: Comprobar tensión e intensidad eléctricas que produce el generador.

- A partir de la curva característica de I-V de los módulos, la irradiación solar, y la temperatura ambiente, se debe determinar la tensión teórica en circuito abierto y la corriente teórica de cortocircuito de las ramas del generador.
- Desconectar terminal positivo y negativo de la caja principal de conexiones del generador, actuando sobre los magnetotérmicos, para comprobar que la tensión existente entre los terminales positivo y negativo del generador coincide con la calculada anteriormente.
- En caso de que no coincidan los valores anteriores, comprobar el estado de las protecciones de las diferentes ramas de paneles, diodos, fusibles, etc. En caso de observar daños en alguno de ellos se debe sustituir.
- Hecha la operación anterior, si el generador sigue sin suministrar el voltaje adecuado, se debe proceder a comprobar la tensión existente entre terminales de cada rama en paralelo y verificar donde está la avería.
- Al encontrar una rama comportamiento incorrecto, comprobar panel por panel hasta encontrar cual es el dañado. Una vez encontrado, repararlo o sustituirlo.
- En caso que no se observen problemas en el voltaje del generador en circuito abierto, se debe proceder a comprobar el correcto funcionamiento de las placas midiendo la corriente de cortocircuito conectando los terminales con un conductor, teniendo en cuenta la corriente que debe circular.
- Si no se cumple la condición anterior hay que verificar el valor de la corriente de cortocircuito de cada rama en paralelo, el cual debe ser el calculado inicialmente.
- En caso de encontrar una rama con un comportamiento incorrecto frente a la corriente, se procederá a su reparación o sustitución.

Para estas operaciones se debe usar un plano de todo el conexionado de las placas, con una descripción clara de su colocación en serie y paralelo. Las características detalladas de los módulos utilizados. Polímetro o pinza amperimétrica, cables para realizar el cortocircuito necesario, y medidor de aislamiento.

Esta operación debe hacerse anualmente, o puntualmente en caso que sea necesario por fallo de la instalación, ya sea por previo aviso del usuario, o por algún efecto meteorológico grave (tormenta eléctrica, terremoto, etc).

Operación 3: Comprobar aislamiento eléctrico del generador. Comprobar el aislamiento de los paneles y conductores de las placas. Un aislamiento incorrecto de algún punto de la instalación puede originar fugas peligrosas y daños importantes.

Se debe usar medidores de aislamiento y seguir la normativa de aislamiento eléctrico para instalaciones situada en el exterior. La periodicidad de esta operación es anual, o puntual en caso que el usuario informe de algún error.

Operación 4: Comprobar la instalación eléctrica del generador.

- Comprobar que los cables de conexión entre módulos están correctamente conectados y están bien sujetos a la caja de conexión.
- Comprobar en las cajas de conexiones principales y de los módulos, que los pasacables cierran correctamente y que los cables están correctamente fijados, que su longitud en el interior es la adecuada para que las conexiones no sufran esfuerzos innecesarios.
- Comprobar que los terminales no presentan indicios de corrosión.
- En caso de encontrar algún desperfecto de los anteriormente citados, sustituir pasacables, cables o terminales. Siempre que se abran y revisen las cajas, se deben proteger las conexiones y terminales con elementos específicos contra la corrosión como grasas adecuadas, y asegurarse que la caja de conexión queda correctamente cerrada una vez acabe la operación.
- Comprobar que no se han producido nidos de insectos en las cajas de conexión o en algún lugar de los paneles. En caso de detectarse alguno deberá eliminarse.
- Comprobar que no se aprecien daños en los conductos aéreos de los paneles o en el suelo debido a ataques de roedores. En caso de encontrar algún desperfecto de este estilo, de debe sustituir el cable en cuestión y proteger la zona con un blindaje adecuado.

Para estas operaciones se debe utilizar un plano del conexionado de las cajas, un juego de llaves adecuado, atornilladores, grasa de protección de conexiones, y elementos selladores como silicona.

Esta revisión debe hacerse anualmente o en caso que se detecte una avería o anomalía en el sistema por parte del usuario.

Operación 5: Comprobar el estado de la estructura de soporte de los paneles.

- Comprobar que los paneles se encuentran en su posición correcta y no se han movido a causa del viento, la lluvia, o el desplazamiento de tierras.
- Comprobar que los paneles están bien fijados a sus estructuras de soporte.
- Comprobar que la estructura no presenta deformaciones.
- Comprobar que no aparece corrosión en la estructura de soporte.
- Comprobar que la base de la estructura no tiene grietas o roturas que puedan provocar el desmoronamiento de la estructura y las placas.

Se deben utilizar las especificaciones mecánicas indicando ajustes y pares de apriete. Llaves y destornilladores y materiales para reponer la obra civil si fuera necesario.

Esta revisión se debe realizar anualmente o en caso que se detecte una avería o anomalía en el sistema por parte del usuario.

3 Mantenimiento del acumulador

El acumulador es otra pieza fundamental en una instalación fotovoltaica, y su mantenimiento es imprescindible para asegurar su correcto funcionamiento y la posibilidad de tener energía cuando se necesite.

Es muy importante mantener un orden estricto en el procedimiento de inspección del acumulador. Para ello, cada batería y celda deben estar identificadas de forma clara. Una buena manera de registrarlas es usar un número para cada batería y una letra para cada celda de la batería. De tal manera que de forma rápida y sencilla se puede detectar en que punto se está trabajando. Esta codificación se hace más importante cuanto mayor es la cantidad de baterías que tiene la instalación.

3.1 Mantenimiento por el usuario

Operación 1: Comprobar las indicaciones del estado de carga del acumulador para verificar que no hay anomalías. Para ello es necesario el manual de uso de la instalación.

Esta operación se ha de realizar una vez a la semana como mínimo

Operación 2: Agitar las baterías. Siempre y cuando el tipo de instalación lo permita, agitar las baterías, con suavidad, con el objetivo de evitar la estratificación del electrolito. Para ello hay que usar gafas protectoras, guantes, botas y ropa de protección.

Debe realizarse mensualmente.

Operación 3: Medir la densidad del electrolito en las baterías. Se debe medir la densidad del electrolito en todas las celdas que componen el acumulador y registrar los resultados. Comparando los resultados anotados con los registros anteriores, se detecta si hay algún problema en alguna celda. El nivel de electrolito o bruscas variaciones en la densidad permiten determinar el envejecimiento de una batería. El procedimiento a seguir para medir la densidad del electrolito viene indicado por el suministrador de las baterías.

Para realizar esta operación hay que usar un densímetro, gafas protectoras, ropa de protección y guantes. Importante registrar las medidas de densidad del electrolito en las baterías para mantenimientos posteriores.

Esta operación debe realizarse mensualmente.

Operación 4: Comprobar la limpieza de las baterías.

- Comprobar que en las baterías no hay suciedad, salpicaduras de electrolito, restos de condensación, etc., lo que podría provocar auto descargas.
- En caso de observar restos, limpiar la suciedad con un trapo húmedo con agua con jabón neutro y un poco de bicarbonato sódico. Posteriormente secar toda la zona con un paño húmedo.
- Comprobar que no haya corrosión o sulfatación en los terminales de conexión. Si los hay, desconectar el acumulador de la instalación mediante los interruptores correspondientes y limpiar los terminales con agua con jabón neutro. Limpiar también los terminales y bornes con cepillos de alambre si fuera necesario.
- Una vez conectado el terminal, cubrir el conjunto con grasa especial para conexiones o vaselina para protegerlo.
- Comprobar el estado de los tapones de las baterías. En caso de suciedad, se debe limpiar con un trapo humedecido con agua, jabón y bicarbonato sódico, y secar posteriormente con un paño limpio.
- Comprobar que no se han dañado los cables de la conexión por mordeduras de roedores.

Hay que usar el siguiente material: Trapos, agua, jabón neutro, bicarbonato sódico, botas, guantes, gafas protectoras, herramientas para limpieza de terminales, y grasa conductora especial para conexiones de baterías.

Estas operaciones deben hacerse trimestralmente como mínimo.

Operación 5: Comprobar los niveles de electrolito en los vasos de baterías. Comprobar que el nivel del electrolito se encuentra entre unos niveles establecidos por el fabricante de las baterías. En caso de estar por debajo del mínimo, reponer el electrolito de la siguiente manera. Agregar agua destilada hasta el nivel recomendado por el fabricante. En caso de no conocer el nivel, llenar la celda con agua destilada dejando una mínima separación en la parte superior, ya que una cantidad excesiva de electrolito acelera su expulsión al

exterior. Evitar cualquier salpicadura de electrolito en la piel y en los ojos. Vigilar no introducir suciedad en las celdas al introducir el agua destilada.

Usar agua destilada, un embudo, trapos, agua, bicarbonato sódico, botas, guantes, ropa de protección y gafas protectoras.

Este mantenimiento debe hacerse trimestralmente como mínimo.

Operación 6: Comprobar el estado de la sala de baterías y de las bancadas de soporte.

- Comprobar que no se encuentran objetos innecesarios en la sala en la cual están las baterías.
- Comprobar que los sistemas antiincendios de encuentran en perfecto estado y no han caducado.
- Verificar que no hay nidos de insectos o roedores.
- Comprobar que la sala de baterías y bancadas no presentan suciedad, salpicaduras de electrolito o restos de condensación. En caso de observar suciedad, limpiar con agua con jabón neutro y bicarbonato sódico.

Para esta operación usar trapos, agua, fregona, bicarbonato sódico y jabón neutro.

Esta revisión de la sala de baterías debe hacerse semestralmente como mínimo.

3.2 Mantenimiento por el servicio técnico

Operación 1: Comprobar el estado general del acumulador. Revisar todas las operaciones que hace habitualmente el usuario de la instalación para verificar su correcto estado.

- Comprobar estado de carga del acumulador
- Agitar las baterías si es posible
- Medir densidad del electrolito en las baterías
- Comprobar limpieza de las baterías
- Comprobar niveles de electrolito en los vasos de las baterías
- Comprobar estado y limpieza de sala de baterías y bancada

Para todo ello hace falta el manual de uso de la instalación.
Revisión anual como mínimo.

Operación 2: Comprobar la tensión del acumulador y el apriete de todas las conexiones de la batería. Para hacerlo hay que seguir los siguientes pasos:

- Asegurarse de que se ha realizado una carga previa del acumulador, y posteriormente ha venido un período de inactividad de varias horas.
- Desconectar acumulador
- Verificar tensión existente entre bornes del acumulador. El valor debe ser el nominal del sistema.
- Si el valor no se corresponde, comprobar que los terminales de conexión hacen el contacto adecuado con los bornes de las baterías y que están apretados correctamente. En caso de encontrar alguna conexión incorrecta, apretarla y asegurarse de su correcta conexión.
- Revisadas las conexiones, volver a realizar todo el proceso para comprobar la tensión del acumulador.

Se debe usar un plano de conexionado serie-paralelo de las baterías, herramientas para el apriete y la limpieza de los terminales, y grasa especial para conexiones de baterías.

Esta operación se ha de realizar anualmente, o cuando el usuario detecte anomalías en el acumulador.

4 Mantenimiento del cableado

El mantenimiento del cableado es muy importante ya que sufre, debido a sus propias características, sufre daños con cierta frecuencia, y es imprescindible su correcto funcionamiento para mantener la instalación en un óptimo estado.

4.1 Mantenimiento por el usuario

Operación 1: Comprobar estado del cableado en toda la instalación, desde el generador, hasta las luminarias de cada edificio. Hay que realizar una inspección visual comprobando que el cableado del generador y que los cables externos e internos se encuentran en un buen estado.

- El cableado exterior, sus protecciones y las canalizaciones deben estar en buen estado sin presentar signos de movimiento por raíces (algo habitual en la zona), desplazamiento, humedad o ataque de roedores.
- El cableado interior, sus protecciones y canalizaciones deben estar en buen estado, sin presentar signos de impacto, desplazamiento, oxidación o humedad.

En caso de detectar alguna anomalía, sin modificar nada de la instalación eléctrica, se intentará aplicar las medidas correctoras pertinentes, o en su defecto, avisar al servicio técnico.

Estas operaciones deben realizarse trimestralmente.

4.2 Mantenimiento por el servicio técnico

Operación 1: Comprobar el estado del cableado en toda la instalación. Realizar todas las operaciones hechas con anterioridad por el usuario de la instalación, comprobando el estado correcto de todos los puntos.

En este caso, sustituir los elementos dañados, introducir nuevas protecciones, sujetar los cables que sean necesarios por procedimientos distintos.

Esta revisión debe ser de carácter anual.

Operación 2: Comprobar caída de tensión en los diferentes conductos de la instalación.

- Comprobar con una pinza amperimétrica que la corriente que circula por todos los circuitos es la corriente de diseño y se encuentra dentro de los márgenes descritos en las especificaciones técnicas.
- Comprobar con un polímetro que las diferencias de potencial a la entrada y la salida de todos los circuitos son las de diseño y se encuentran dentro de los márgenes descritos en las especificaciones técnicas.
- En caso de detectar caídas de tensión o corrientes eléctricas anómalas, se debe medir la resistencia eléctrica de los cables y comprobar que se encuentra dentro de los márgenes de diseño.
- En caso de detectar conductores con funcionamiento incorrecto, se debe proceder a inspeccionar las conexiones, limpiarlas y apretarlas.

Hay que usar las especificaciones técnicas de la instalación, el esquema eléctrico de la instalación, un polímetro, pinza amperimétrica, y destornilladores adecuados.

La periodicidad de estas operaciones debe ser anual.

5 Mantenimiento de elementos de seguridad

Es muy importante que todos los elementos de seguridad, entre ellos las tomas de tierra, estén en un estado óptimo para garantizar la seguridad del entorno humano y natural. Para ello a continuación se describen las acciones preventivas de mantenimiento mínimas que hay que realizar.

5.1 Mantenimiento por el usuario

Operación 1: Comprobar los registros de toma a tierra, verificar que tienen el suelo humedecido. En caso contrario, proceder a llenarlos de agua.

Esta operación debe realizarse mensualmente como mínimo.

Operación 2: Comprobar funcionamiento de los interruptores diferenciales. Accionar el pulsador de prueba de los interruptores diferenciales para comprobar su correcto funcionamiento. En caso contrario, avisar al servicio técnico.

Esta operación debe realizarse trimestralmente.

5.2 Mantenimiento por el servicio técnico

Operación 1: Comprobar el estado de los sistemas de toma a tierra.

- Comprobar que los registros de las tomas a tierra tienen el suelo humedecido. Accionar el pulsador de prueba de los diferenciales para comprobar su buen funcionamiento.
- Comprobar resistencia de las tomas de tierra para verificar que presentan una resistencia adecuada.
- Comprobar que no aparecen señales de oxidación ni en los cables de las líneas de puesta a tierra ni en los puntos de conexión.
- Comprobar resistencia entre líneas de conducción y toma de tierra. Esta comprobación debe realizarse de manera puntual siempre que el generador haya sufrido una descarga eléctrica por una tormenta, ya que

cada vez que los varistores deben intervenir, se degradan de manera irreparable.

Para estas operaciones se deben usar medidores de resistencia contra tierra digitales, para evitar que se pierda precisión en la medición. También es necesaria la normativa de resistencia a tierra para instalaciones ubicadas en el exterior.

Operación a realizar anualmente, o cuando el usuario informe de anomalías.

6 Mantenimiento de otros equipos de la instalación

Además de los elementos de seguridad, el cableado, el acumulador y el generador, hay otros elementos importantes que necesitan operaciones de mantenimiento para su correcto funcionamiento.

6.1 Mantenimiento por el usuario

Operación 1: Comprobar el estado de funcionamiento del regulador de carga, del inversor, y de demás accesorios. Revisar los equipos semanalmente, comprobando que todas las alarmas están apagadas, y los indicadores marcan parámetros dentro de los márgenes establecidos previamente.

Operación 2: Comprobar estado de limpieza del regulador, inversor, etc. Comprobar que estos equipos no muestran restos de suciedad o humedad que puedan afectar a su funcionamiento. En caso de detectar suciedad, se debe limpiar con un trapo humedecido en agua. Añadir alcohol si es necesario. En caso de detectar humedad, se debe avisar al servicio técnico si no lo puede solucionar el usuario de la instalación.

Esta operación debe hacerse trimestralmente, y se necesita agua, jabón neutro, alcohol, trapos y bayetas.

Operación 3: Comprobar el estado de sujeción del regulador, inversor, y otros equipos. Para comprobarlo, aplicar pequeños esfuerzos sobre los equipos y verificar visualmente que la superficie de soporte de los equipos no presenta grietas o pérdida de sujeción.

Operación semestral.

6.2 Mantenimiento por el servicio técnico

Operación 1: Comprobar estado de conexiones del regulador, inversor, y otros accesorios de la instalación.

- Comprobar que los cables están correctamente conectados. En caso de observar algún cable suelto o con su sistema de conexión flojo se debe volver a conectar el cable o apretar el elemento de conexión.
- Comprobar que los cables de las cajas de conexiones están bien fijados, que su longitud es la adecuada para que las conexiones no sufran esfuerzos innecesarios.
- Comprobar que los cables de las cajas de conexiones están bien conectados a los terminales y que tengan el apriete necesario.
- Comprobar que los terminales no presentan indicios de corrosión. En caso contrario, aplicar las medidas correctoras correspondientes, incluidas la sustitución de los pasacables, cables o terminales si fuera necesario.
- Comprobar que no se han producido nidos de insectos en las cajas de conexiones. En caso de detectarse, eliminarlo con los medios adecuados.
- Comprobar que no se aprecian daños en los conductores debido a ataques de roedores. En caso de detectarse, sustituir los cables y proceder a protegerlos con el blindaje adecuado.

Para estas operaciones hay que utilizar planos de conexionado de las cajas, juego de llaves adecuado, atornilladores, y grasa de protección de conexiones. La periodicidad debe ser anual o cuando el usuario informe de algún fallo.

Operación 2: Comprobar la superficie de soporte de los equipos. No debe presentar grietas, desprendimientos, ni pérdida de elementos de sujeción. En caso de detectar algún fallo, realizar las operaciones necesarias que aseguren una buena fijación de los equipos en cuestión.

Esta operación se debe hacer anualmente.

Operación 3: Comprobar el funcionamiento del regulador, inversor y otros aparatos y accesorios.

- Comprobar que el inversor suministra a la carga la corriente y el voltaje necesarios y fijados según las condiciones específicas de la instalación.
- Comprobar que el regulador suministra al acumulador el voltaje y la corriente adecuados, según las condiciones de la instalación.
- Comprobar el correcto funcionamiento de indicadores, interruptores y alarmas de todos los equipos.

En caso de detectar algún fallo en las operaciones descritas, reparar o sustituir el equipo averiado en función de las necesidades.

Es necesario usar las especificaciones técnicas de la instalación, un polímetro, y una pinza amperimétrica.

Esta operación se tiene que hacer anualmente, o en caso que el usuario informe de anomalías en algún equipo.

Operación 4: Comprobar el funcionamiento de los equipos de monitorización y control.

- Comprobar el correcto funcionamiento del equipo de monitorización, mediante software de diagnóstico.
- Comprobar las bases de datos almacenadas en el sistema para detectar algún posible fallo sistemático.
- Comprobar que la información llega correctamente al sistema de monitorización y control, y éste actúa dando las instrucciones adecuadas, haciendo que los equipos del sistema se desconecten cuando sea necesario.

Para ello únicamente es necesario un software de monitorización, el cual, a falta de nuevas donaciones en forma de ordenadores de mayor potencia y más recursos, se instalará y ejecutará en el ordenador usado por el coordinador/a de voluntarios, situado en la oficina.

Esta revisión de software debe realizarse anualmente, o cuando el usuario de la instalación informe de errores.